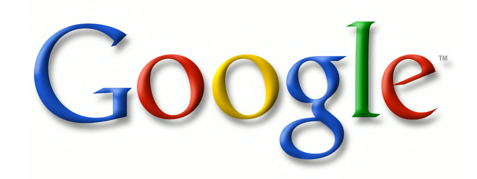
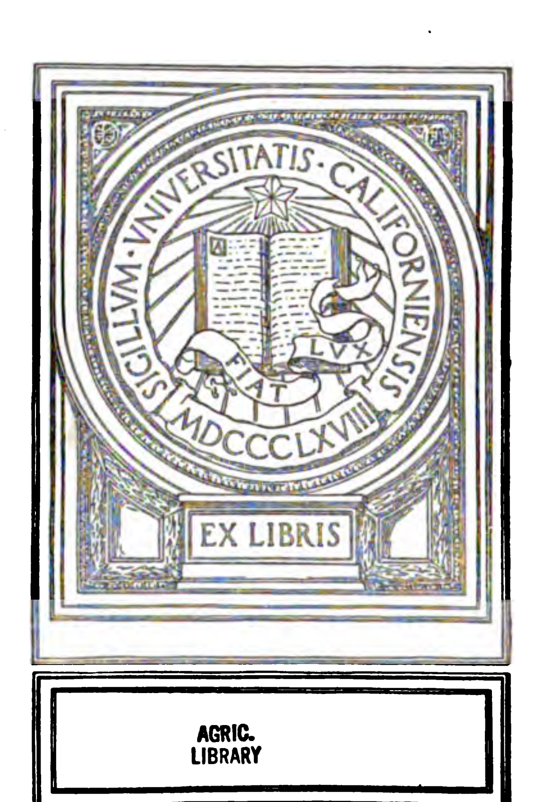



SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS

ANNALES

AGRONOMIQUES

PARIS. — IMPRIMERIE ÉMILE MARTINET, RUE MIGNON, 2.

ANNALES

AGRONOMIQUES

PUBLIÉES SOUS LES AUSPICES

DU

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DU COMMERCE

(Direction de l'Agriculture)

PAR

M. P.-P. DEHÉRAIN

DOCTEUR ÈS SCIENCES, LAURÉAT DE L'INSTITUT,

PROFESSEUR A L'ÉCOLE D'AGRICULTURE DE GRIGNON, AIDE-NATURALISTE AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE

TOME CINQUIÈME

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Boulevard Saint-Germain et rue de l'Éperon

EN FACE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE

M DCCC LXXIX

ANNALES

AGRONOMIQUES

FABRICATION, MATURATION ET MALADIES DU FROMAGE DU CANTAL

RAPPORT

A M. LE MINISTRE DE L'AGRICULTURE ET DU COMMERCE, SUR LES TRAVAUX EXÉCUTÉS A LA STATION LAITIÈRE DU FAU (CANTAL) PENDANT L'ANNÉE 1878

PAR

M. E. DUCLAUX

Professeur à l'Institut agronomique.

MONSIEUR LE MINISTRE,

Après avoir étudié, l'an dernier, les transformations chimiques qui accompagnent la maturation et les maladies du fromage du Cantal, j'ai dû me préoccuper cette année de rechercher les causes de ces phénomènes. Le rapport que j'ai l'honneur de vous adresser vous prouvera, j'espère, que ces transformations sont intimement liées à la présence et au développement d'êtres microscopiques qui s'introduisent dans la pâte du fromage à l'insu du fabricant, y vivent aux dépens des matériaux qu'ils y rencontrent, et y amènent les modifications de goût d'où résulte, suivant les cas, la bonne ou mauvaise qualité du produit.

Ces êtres ne sont pas particuliers au fromage du Cantal. Les mêmes ou d'autres tout pareils existent dans toutes les variétés de fromage et ne s'y montrent pas moins actifs. Il y aurait donc un intérêt pratique très grand à bien connaître tous ces infiniment petits.

C'est la tâche que je me suis donnée. Elle me fait abandonner en

apparence, pour le moment, le terrain de la pratique; mais quand une fabrication est séculaire, comme celle du Cantal, et qu'elle est soumise à des influences complexes, on ne peut songer à l'améliorer qu'en s'appuyant sur des notions théoriques solides qui, sur ce sujet, sont à acquérir.

Vous comprendrez certainement, Monsieur le Ministre, les nécessités auxquelles j'obéis, et, bien que mes études théoriques menacent d'être longues et de me prendre encore la campagne prochaine après avoir occupé celle de cette année, je suis sûr d'avance que vous voudrez bien m'autoriser à les continuer dans les mêmes conditions que par le passé.

J'ai l'honneur d'être, etc.

Causes de maturation des fromages.

Dans mes études de l'an dernier, dont le résumé a paru dans les *Annales agronomiques*, je suis arrivé aux conclusions suivantes au sujet des transformations que subissent avec le temps les éléments principaux de la pâte du fromage du Cantal.

Aux dépens de la caséine, se produisent diverses variétés d'albumine soluble dans l'eau, dont les deux principales sont une albumine analogue à celle de l'œuf, et une autre, non précipitable par l'eau chaude et les acides étendus. Ces albumines sont les premiers termes, et les plus importants, d'une série de produits de dédoublement de la caséine, dont les derniers termes sont la leucine et les sels ammoniacaux.

La matière grasse ne subit que d'insignifiantes variations de proportion, qui tiennent surtout à ce qu'elle est atteinte plus ou moins profondément par la saponification. Pour le fromage du Cantal, cette saponification n'est jamais avancée, et n'aurait aucune importance pratique s'il n'en résultait pas la production, dans la masse de la pâte, de petites quantités de glycérine, substance facilement fermentescible et donnant alors des produits généralement sapides et odorants.

La petite portion de sucre de lait que tous les procédés de fabrication laissent dans la pâte disparaît rapidement, et à sa place on ne retrouve d'ordinaire qu'une faible quantité d'acides lactique ou butyrique.

J'avais volontairement laissé de côté, l'an dernier, l'étude des causes de ces diverses transformations, et spécialement de la plus importante, celle qui atteint la caséine. J'ai dû m'en préoccuper cette année-ci. La formation de l'albumine est-elle le résultat d'un simple phénomène d'isomérie, d'une modification moléculaire spontanée de la caséine, ou bien exige-t-elle le concours d'êtres microscopiques ? Telle est la première question à élucider, parce que, résolue dans un sens ou dans l'autre, elle conduit à deux voies tout à fait divergentes.

Pour être fixé sur ce point, il n'y a qu'à préparer du caséum entièrement débarrassé de germes vivants, et à le conserver à l'air. mais à l'abri des poussières atmosphériques. On y arrive assez facilement en introduisant du lait pur et privé de germes dans un de ces tubes à deux branches qui commencent à se répandre dans le commerce sous le nom de tubes Pasteur. On peut pour cela, après avoir surmonté ce tube, récemment flambé, d'un entonnoir flambé aussi, recevoir dans ce dernier le jet liquide qui sort du pis de la vache, soit sous la pression de la main, soit à l'aide du petit tube d'argent que l'on appelle trait-vaches et qui s'insère dans le trayon. A la condition d'avoir lavé le trayon avec de l'eau récemment bouillie, et d'avoir flambé le trait-vaches, à la condition aussi de n'opérer que sur les dernières portions de lait qui s'écoulent, lorsque les premières ont nettoyé les parois du canal d'écoulement, on arrive à recueillir dans le tube Pasteur des échantillons de lait naturel qui, exposés pendant quinze jours à l'étuve, y restent inaltérés. Si on veut arriver plus sûrement à ce résultat, on peut, après avoir rempli le tube de lait ordinaire, le fermer à la lampe, et porter le tout à 115° C. Ce dernier procédé présente un petit inconvénient dont nous parlerons tout à l'heure, mais il est plus commode que l'autre, et peut lui être substitué.

Quand on est sûr ainsi de posséder du lait privé de tout germe vivant, on le coagule en le mettant, à la température de 40°, en contact avec une goutte d'acide acétique. On lave à plusieurs reprises le caillé au moyen d'eau récemment bouillie, qu'on laisse tiédir avant de l'amener au contact du caséum. La forme du tube Pasteur rend cette manipulation très facile à réaliser à l'abri des germes atmosphériques. Quand l'eau de lavage n'est plus acide, on laisse égoutter le coagulum, et on l'abandonne ainsi à l'étuve, en présence de l'air que renferme le tube, et de celui qui peut y pénétrer

par suite de la diffusion ou des variations de température, mais qui n'y entre qu'après s'être dépouillé, en passant au travers d'une bourre de coton que porte le col du tube, de toutes les poussières organiques qu'il charrie d'ordinaire avec lui.

L'expérience démontre que, conservé dans ces conditions, le caséum conserve presque indéfiniment ses propriétés originelles ; il reste cette matière blanche, inodore, insipide, craquant sous la dent, dénuée de plasticité, que tout le monde connaît. Le liquide qui l'imprègne ne renferme pas plus d'albumine que celui qu'on retire de caséum frais préparé dans les mêmes conditions. Il y en a très peu, si le caillé a été obtenu à basse température. Si, au contraire, la coagulation s'est faite à un degré de chaleur tel que l'albumine du lait ait pu se coaguler, cette albumine redevient peu à peu soluble à froid, et on peut alors la retrouver en plus fortes proportions dans les eaux de lavage de la caséine. Mais nous pouvons dans tous les cas la négliger, et dire que le caséum conservé à l'abri des êtres microscopiques ne subit aucune des transformations qu'on y observe quand on l'emploie à fabriquer du fromage.

Ces transformations elles-mêmes, si sensibles qu'elles soient, ne sont encore rien en comparaison de celles que le caséum subirait s'il restait exposé à l'action des ferments à une température voisine de celle qu'il a supportée sans danger dans notre étuve. Pour avoir une idée de la marche rapide des phénomènes dans ces conditions, prenons notre caséum intact et, après l'avoir soumis à la presse pour lui donner la forme d'un fromage plat, laissons-le à l'étuve sans précaution, pendant le même temps que celui qu'il y a déjà passé.

Un fromage ainsi préparé s'est montré au bout d'un mois formé de deux parties absolument différentes d'aspect et de propriétés, l'une extérieure, molle et blanchâtre, l'autre intérieure, grisâtre et compacte comme au sortir de la presse. Au microscope, on trouvait la couche superficielle pénétrée dans toute son épaisseur par des productions diverses, végétales et animales. Le noyau, au contraire, en était à peu près exempt, sauf dans quelques fissures par lesquelles commençait son envahissement. Pour avoir une mesure des transformations accomplies sous l'influence de ces êtres microscopiques, il n'y a qu'à comparer la composition chimique du noyau et de la couche externe avec celle du gâteau initial. On peut conduire les analyses comme celles qui se trouvent relatées dans

mon travail de l'an dernier, et qui nous ont suffi pour avoir une première idée, approximative, mais suffisante, des modifications subies par la pâte du fromage.

Voici quels ont été les résultats obtenus :

		Masse fermentée.	
	Masse initiale.	Intérieur.	Surface.
Matière grasse	46,7	44,6	71,0
Caséine	50,7	42,8	6,7
Albumine	0,7	3,2	2,3
Matières solubles dans l'eau bouillante.	1,9	9,4	20,0
	100,0	100,0	100,0

On voit, par la comparaison de ces nombres, quelles transformations profondes résultent de la présence des infusoires. Aux différences qui apparaissent dans ce tableau, il faut même en ajouter d'autres qui n'ont pu y être inscrites. Ainsi ce qui est compté comme matière grasse n'était pas identique dans les trois échantillons. Dans les deux premiers, l'éther qui avait servi à la dissoudre restait parfaitement limpide; dans le dernier, il coulait trouble, et entraînait avec lui un fin précipité flottant, mélange d'une substance albuminoïde et d'un savon alcalin. Dans le premier échantillon, la proportion de matière grasse saponifiée était en effet insensible, de 0,3 p. 100 environ. Elle était de 2,2 p. 100 dans le second échantillon, et atteignait 42,8 p. 100 dans le troisième.

Cette saponification de la matière grasse aurait dû amener une diminution dans la proportion de cette substance enlevable par l'éther. L'analyse montre au contraire que cette matière grasse a augmenté, et même, en n'envisageant que les nombres bruts, on pourrait se croire autorisé à conclure que la caséine est devenue de la matière grasse, puisqu'on voit ses proportions diminuer sans cause apparente, tandis que celles du corps gras augmentent. Mais pour raisonner ainsi, il faudrait oublier la diminution considérable de poids qu'a subie le fromage par suite de la combustion exercée à la surface, combustion qui, à raison de l'inaltérabilité presque absolue de la matière grasse, a porté tout entière sur la caséine ou ses produits de décomposition. Dans le cas qui nous occupe, un tiers environ de la caséine a disparu. De plus, ce qui en reste est profondément modifié. Une portion est devenue de l'albumine soluble dans l'eau. L'autre portion n'est plus qu'une masse gélatineuse friable, se laissant facilement mettre en suspension dans l'eau, ayant pres-

que complètement perdu la propriété qu'elle possédait de se souder à elle-même par la chaleur. C'est elle, en partie, que l'éther entraîne en suspension ou en émulsion. Il est évident que ce n'est plus là la matière initiale, et nous pouvons dire qu'un mois de fermentation a suffi à la transformation complète de la caséine.

Tel est, en gros, l'ensemble des phénomènes produits par les cinq ou six espèces vivantes que le microscope permettait de déceler dans la couche extérieure de notre fromage. Mais il est clair que si on veut pousser les recherches plus loin et savoir à laquelle de ces espèces il faut attribuer telle ou telle transformation observée, notre étude, ni aucune étude conduite d'une façon analogue, ne peut nous le dire. Tout ce qu'on peut prévoir, en se rapportant à des faits déjà connus, c'est que les agents de la combustion que nous avons constatée sont surtout les mucédinées proprement dites et les mucors monocellulaires qui se produisent si facilement à la surface de tous les fromages, quand on les conserve à l'air humide. Ces mêmes êtres sont aussi d'énergiques agents de saponification par les produits alcalins auxquels ils donnent naissance, soit qu'ils fabriquent eux-mêmes de l'ammoniaque, soit, ce qui me semble plus probable, qu'ils brûlent les acides organiques des sels ammoniacaux que les ferments produisent au-dessous d'eux. Grâce à l'abri de la couche qu'ils forment à la surface, et protégés par eux contre une action trop directe de l'air atmosphérique, se développent en effet des ferments de diverses espèces, agents de dédoublement, donnant naissance à des produits divers dont les derniers sont des corps amidés ou des sels ammoniacaux.

Autant d'êtres divers, autant de formes différentes de la fermentation. Il faut donc étudier séparément chacun de ces infiniment petits, et comme aucun fromage n'en présente une espèce isolée, il faut d'abord les isoler dans des cultures artificielles. La chose n'est pas facile, car tous ces êtres ont à peu près les mêmes besoins physiologiques, et vivent très bien dans les mêmes milieux. Mais avec de la patience, et en prenant pour guides les travaux et les méthodes de M. Pasteur, on peut y arriver. Voici le procédé qui m'a le mieux réussi.

Étant donné un fromage de provenance quelconque, il s'agit de trouver et de séparer les espèces vivantes qui y sont contenues. On commence par préparer un certain nombre de matras renfermant du lait naturel ou mélangé d'un peu de carbonate de chaux, de

façon à lui assurer au besoin une alcalinité permanente. Ces matras, dont le col a été étiré et fermé à la lampe, sont portés avec leur contenu à 110° C, pour être débarrassés de tous les germes qu'ils pourraient renfermer. Les choses étant ainsi disposées, on prend le fromage qu'il s'agit d'étudier, et à l'aide d'un couteau dont la lame a été récemment flambée, on enlève une tranche mince parallèle à la surface, puis, aussitôt après, on fait une section perpendiculaire à cette surface. Dans le milieu de la tranche ainsi obtenue, on enfonce à l'aide d'une pince un fil de platine dont on a rendu la surface un peu rugueuse au moyen de quelques coups de lime, et qu'on vient de flamber. Ce fil enlève, quand on le retire, de petits fragments de matière. On l'introduit aussitôt dans un des matras dont on a coupé le col après avoir chauffé la surface où on applique le trait de lime. On referme immédiatement l'ouverture avec un caoutchouc sortant de l'eau bouillante, que l'on coiffe avec un tube de verre ouvert par ses deux bouts, renfermant un tampon d'ouate et récemment porté à une température suffisante pour le débarrasser de tous ses germes vivants. On met le matras à l'étuve et on attend.

Généralement les quelques particules de fromage que le fil de platine a apportées dans le matras renferment plusieurs germes qui se développent, mais avec des vitesses différentes, dépendant, pour chacun, des conditions de milieu et de température. L'un d'eux est presque toujours en avance sur les autres, et dès lors, en prélevant dans ce premier milieu de culture une prise d'essai pour l'ensemencer dans un autre matras placé dans les mêmes conditions que le premier, en recommençant une troisième, une quatrième fois l'opération, si cela est nécessaire, on peut arriver à séparer l'espèce qui se développe le plus facilement. On ne pourra toutefois la considérer comme pure que lorsqu'elle se reproduira identique à elle-même dans une série de cultures conduites comme je viens de le dire, avec cette condition nouvelle qu'on prélèvera les semences non plus dans des matras récemment ensemencés, mais dans des fermentations touchant à leur fin. S'il y avait mélange d'espèces, c'est en opérant ainsi qu'il serait le plus facile de s'en apercevoir.

Cette première espèce isolée, on peut, en modifiant les conditions de température et de milieu, donner le pas à une seconde, empruntée au même fromage, et arriver ainsi à connaître toutes celles qui peuvent s'y trouver renfermées.

Leur nombre est toujours considérable dans tous les fromages.

Pour celui du Cantal seulement, il y en a certainement plus de dix espèces, et je ne compte pas les moisissures ordinaires, qui ne jouent aucun rôle dans sa fabrication ni sa maturation, mais qui interviennent si puissamment ailleurs, par exemple dans le fromage de Roquefort.

Toutes les espèces qu'on rencontre dans le fromage du Cantal n'ont pas la même importance. On y trouve par exemple une levure alcoolique analogue à la levure de bière, et dont la fonction est de faire de l'alcool et de l'acide carbonique avec le sucre de lait. Le germe de cette levure provient de la présure, qui, dans le Cantal, est une simple macération de caillette de veau dans du petit lait. Elle joue surtout un rôle pendant la fermentation préalable de la *tome*, qu'elle contribue à gonfler, à débarrasser de son sucre. Peut-être serait-il utile de favoriser son développement ou sa prédominance en l'ensemençant directement dans le lait. Son action est en effet plus favorable, et les produits qu'elle fournit moins dangereux pour le fromage que ceux de la levure lactique, qui lui dispute quelquefois victorieusement le terrain.

Aussitôt que le sucre de lait a disparu, ces deux levures deviennent inertes. C'est dire qu'elles ne jouent aucun rôle dans le fromage proprement dit. La dernière a donné un peu d'acide lactique aux dépens duquel vit et se développe du ferment butyrique, espèce très fréquemment présente dans le fromage et très active. J'ai pour le moment laissé de côté son étude, dont les points principaux sont déjà connus. J'ai remis aussi à plus tard l'étude du ferment de l'urée, que l'on rencontre aussi dans le fromage, et que j'ai reconnu pouvoir vivre et se développer, avec formation de carbonate d'ammoniaque, dans un liquide purement albumineux. Ce qui donne de l'intérêt à cette observation, c'est que l'albumine n'est jamais complètement atteinte par la fermentation. Il ne s'en transforme qu'une portion qui ne dépasse jamais 5 p. 100. Or les expériences de M. Schutzenberger conduisent à admettre la présence dans les matières albuminoïdes d'une proportion d'urée voisine de ce chiffre.

Quoi qu'il en soit, le ferment de l'urée, comme les trois espèces dont j'ai parlé tout d'abord, n'a pas une importance pratique égale à celle des espèces qui attaquent la caséine pour la transformer en substances solubles et amener la série de phénomènes desquels nous avons vu que dépendaient la maturation et les maladies du

fromage. J'en décrirai deux dans ce rapport : le vibrion chaînette et le filament coudé.

I. — Vibrion chaînette.

Ce vibrion se présente, lorsqu'il est jeune, sous la forme d'un chapelet d'articles cylindriques filiformes, soudés les uns aux autres au nombre de dix à douze, se mouvant ensemble d'un mouvement onduleux, très doux, d'autant plus lent que la file est plus longue. La largeur des articles, difficile à mesurer à cause de leur petitesse et des phénomènes de diffraction dont leurs bords sont le siège, est d'environ 1/1000ᵉ de millimètre; leur longueur, de cinq à vingt fois l'épaisseur. Ces articles se déforment en vieillissant, surtout lorsque leur développement est pénible et se fait dans une liqueur acide. Ils prennent alors la forme de boudins plus ou moins irrégulièrement renflés en leur milieu, quelquefois en poire, quelquefois en olive, quelquefois fusiformes. Généralement alors, les chaînes ne sont plus aussi longues et ne comprennent guère plus de deux ou trois articles : souvent, les articles fortement renflés sont isolés; mais ce qui prouve que ces formes différentes appartiennent bien à une même espèce, c'est qu'il arrive fréquemment de rencontrer des chapelets mobiles, dont les premiers articles sont fusiformes et les derniers très régulièrement cylindriques.

Dans l'une comme dans l'autre forme, et en vertu d'une loi physiologique normale dans l'existence de ces petits êtres, on voit apparaître à un certain moment des granulations qui donnent à l'infusoire filiforme l'aspect d'un chapelet de grains, qui sont moins nombreuses dans l'infusoire renflé, et se condensent alors de préférence en un point où se forme un noyau réfringent. Ce noyau est un corpuscule germe, un kyste reproducteur, qui s'isole bientôt par une sorte de résorption du tissu au milieu duquel il est né. D'autres fois, c'est l'article renflé lui-même dont le contour s'épaissit, dont la réfringence augmente, et qui devient un kyste. On sait qu'à cet état, l'être vivant résiste beaucoup mieux aux causes extérieures de destruction.

Le vibrion chaînette est de préférence un être anaérobie. Il peut cependant se développer dans un liquide aéré, mais plus lentement et plus difficilement que dans le vide ou dans un liquide ne renfermant pas d'oxygène. La température de 25 à 30° est celle qui lui convient

le mieux. Il produit alors, dans un liquide nutritif convenable, par exemple dans le lait, un dégagement gazeux tellement abondant qu'on croirait avoir sous les yeux une fermentation alcoolique. Le gaz est un mélange d'acide carbonique et d'hydrogène à volumes à peu près égaux, mais où le premier gaz est en léger excès. L'hydrogène se transforme en partie, surtout au commencement de la fermentation, en hydrogène sulfuré. Malgré la présence de ce gaz, l'odeur du liquide ne devient jamais franchement putride, et le goût en reste frais. Par sa consistance et ses propriétés organoleptiques, il rappelle tout à fait le lait à moitié digéré que vomissent quelquefois les enfants à la mamelle.

Dans le lait, le vibrion chaînette respecte le sucre de lait et la matière grasse. Il ne s'attaque qu'à la caséine, qu'il transforme en une sorte d'albumine soluble, même à chaud, dans une liqueur faiblement acide, précipitable au contraire à l'ébullition dans une liqueur neutre. C'est l'inverse des propriétés de la caséine du lait.

Il se forme aussi, mais en quantités plus restreintes, du butyrate d'ammoniaque. L'apparition de l'acide butyrique et une certaine analogie de formes pourraient laisser croire que le vibrion chaînette est identique au vibrion butyrique du lactate de chaux. Mais il n'en est rien, car, ensemencé dans une solution de lactate, notre vibrion ne s'y développe pas.

En outre du butyrate d'ammoniaque, il se produit un peu d'acide butyrique libre qui rend la liqueur acide. Tant que cette acidité ne dépasse pas 2 à 3 p. 1000, et que la température est au-dessous de 25°C., le caséum ne se coagule pas. Si l'acidité augmente, on voit apparaître au microscope, dans le liquide, un fin précipité granuleux, indice d'une coagulation commençante, qui lui donne une consistance sirupeuse. Le caséum qui reste dissous est à ce moment dans une sorte d'équilibre instable, et la moindre élévation de température le coagule instantanément. Lorsque ce phénomène est brusque, les filaments du ferment sont entraînés et immobilisés par le réseau solide de caséine, et leur action se ralentit notablement. Tout dégagement gazeux cesse d'ordinaire. Il ne se continue que lorsque la coagulation est lente, et que le vibrion resté libre dans le liquide peut attaquer par l'extérieur les flocons de caséine formés. La masse caséeuse se persille alors d'ouvertures produites par le passage des bulles gazeuses, et finit par se dissoudre complètement.

Dans le Cantal, on caille le lait à une température voisine de 30°, et à l'aide d'une présure toujours riche en êtres microscopiques. La coagulation se fait dans un milieu où ces êtres sont en plein développement, et comme elle dure de trois quarts d'heure à une heure, il n'y a pas à s'étonner de rencontrer toujours des infusoires dans le petit lait qu'on sépare de la tome et dans le sérum dont celle-ci reste imprégnée. C'est à ces infusoires qu'est due, comme nous l'avons vu, la levaison de la tome. Le gaz qui la creuse de vacuoles est tantôt de l'acide carbonique pur, tantôt de l'acide carbonique mélangé d'hydrogène. Il y a aussi toujours un peu de caséine transformée en albumine. Probablement alors, le vibrion chaînette est présent. Du moins trouve-t-on au microscope des formes qui lui ressemblent. Son action est alors plus favorable que nuisible. Il contribue à donner à la tome les qualités qui permettent de la souder en une masse compacte. Mais son introduction dans la pâte du fromage est fâcheuse. Le butyrate d'ammoniaque qu'il produit a un goût et surtout une odeur désagréables. Le dégagement gazeux qui accompagne son action disloque la pâte, lui enlève son homogénéité, et peut même la boursoufler, lorsque les circonstances intérieures sont favorables. Dans un fromage tout gonflé et invendable, j'ai trouvé en grande abondance le vibrion chaînette coexistant avec une proportion notable de butyrate d'ammoniaque. Nul doute que ce vibrion ne soit un agent actif de maladies.

Aussi serait-il intéressant de savoir si on peut s'en débarrasser par une élévation de température. Soumis à l'action de cet agent, le vibrion présente, comme on pouvait s'y attendre, des propriétés différentes suivant qu'il est à l'état de germe enkysté ou de filament mobile. A l'état de kyste, il résiste à la température de 100°C et même de 105° C dans une liqueur acide. A l'état de vibrion, il périt entre 75° et 80° C. C'est une température que l'on n'atteint dans la fabrication d'aucune espèce de fromage, et il n'y a pas à s'étonner de voir ce vibrion si abondamment répandu.

II. — Filament coudé.

Le polymorphisme du filament coudé est encore plus marqué que celui de l'être qui précède. Il en existe deux formes très-différentes l'une de l'autre.

Développé à la surface d'un liquide albumineux, il donne des filaments très longs et très ténus, enchevêtrés les uns dans les autres, et constituant par leur assemblage un voile muqueux demi-solide. Ces filaments, qui ont en moyenne 1 millième 1/2 ou 2 millièmes de millimètre de diamètre, ne présentent que peu ou pas de segmentations transversales. Sous cette forme, ils sont un agent d'acétification, et donnent, aux dépens de l'albumine ou de la caséine dissoutes, de l'acide acétique presque pur. Leur mode d'action est d'ailleurs essentiellement différent de celui du mycoderme du vinaigre. Il n'y a pas ici, à proprement parler, de fixation d'oxygène sur un des éléments de la liqueur. Le filament coudé absorbe bien jusqu'aux dernières traces d'oxygène dans l'air, mais il remplace ce gaz par un volume à peu près égal d'acide carbonique.

J'ai rencontré deux fois ce filament formant une couche à la surface intérieure des cuves en bois où on met en présure dans le Cantal, et que l'on nettoie trop imparfaitement quand on les a vidées. Pour le filament coudé, le nettoyage devrait encore être plus soigné que pour une autre espèce, attendu qu'il résiste au contact de l'eau bouillante, et ne peut disparaître que sous l'action de la brosse. Aussi, dans les cuves dont je parle, devait-il être assez ancien, car il formait sur la paroi une couche épaisse, sensible au toucher et suffisante pour donner à l'atmosphère intérieure de la cuve une odeur acétique marquée.

Ce filament se reproduit identique à lui-même quand on le sème sur un liquide albumineux, par exemple sur du lait exposé en grande surface et en faible épaisseur au contact de l'air. Lorsque la profondeur devient plus grande, le filament coudé se modifie au fur et à mesure qu'il s'enfonce; sa largeur devient double ou triple, sa longueur peut atteindre 1 millimètre à 1 millimètre 1/2, et il prend un aspect anguleux et coudé qui rappelle celui du ferment de l'amertume dans les vins. Enfin, les segmentations transversales, très rares dans la forme grêle de plus haut, se multiplient ici, et quelquefois tellement qu'elles partagent le filament en tronçons à peine deux fois plus longs que larges. On ne croirait pas avoir sous les yeux le même être s'il n'arrivait pas de trouver un filament dont une partie, ayant vécu à la surface, est grêle, tandis que l'autre extrémité est renflée et cloisonnée.

Enfin, ces filaments larges, développés à l'intérieur du liquide, sont mobiles lorsqu'ils sont jeunes. Ils sont alors très courts avec la

même largeur. Leur mouvement est lent, balancé et lourd. Quand le filament s'allonge, il devient immobile.

Sous ces deux dernières formes, il est aérobie comme sous la première. Ensemencé dans du lait, il transforme peu à peu la caséine en commençant par les couches supérieures, auxquelles il enlève leur blancheur pour en faire un liquide jaunâtre et opalescent. La transformation gagne peu à peu le fond. A aucun moment il n'y a de dégagement gazeux sensible. Si la surface exposée à l'air est très réduite, le liquide reste neutre jusqu'à la fin. Lorsque la forme grêle peut prendre naissance au contact de l'air, elle donne un peu d'acide acétique qui produit un commencement de coagulation. Mais la fermentation reste toujours rapide, et quelques jours suffisent à la disparition de la caséine.

On trouve à sa place une sorte d'albumine qui ne précipite par la chaleur ni en solution neutre ni en solution acide, mais qui jouit de toutes les autres propriétés des matières albuminoïdes. Par d'autres propriétés, elle se rapproche de ces substances azotées solubles et incristallisables que l'on confond d'ordinaire sous le nom d'extrait ou d'extractif. Elle se colore fortement par l'évaporation à l'air et prend un peu le goût d'extrait d'eau de levure. En même temps que cette albumine prennent naissance de petites quantités d'un mélange d'acétate et de valérianate d'ammoniaque, où le premier domine, et une matière très amère. On peut trouver dans ces résultats de nouvelles raisons de rapprocher le filament coudé du ferment de l'amer.

L'amertume de la pâte est le côté le plus défectueux des fromages du Cantal atteints par ce parasite. La présence de l'acide valérianique leur donne aussi, au goût et à l'odorat, un caractère particulier. Ces défectuosités se traduisent à l'analyse immédiate par une proportion plus grande de matériaux solubles dans l'eau bouillante, formés précisément de cette espèce d'albumine produite par le filament coudé. D'ailleurs cette albumine elle-même n'a pas de propriétés organoleptiques bien tranchées, bien différentes par exemple de l'albumine qui provient de l'action du vibrion chaînette. Les caractères chimiques qui l'en séparent sont aussi bien peu importants. Une courte ébullition avec de l'eau faiblement acidulée par de l'acide chlorhydrique les amène toutes deux à présenter les réactions de la syntonine, et, sauf que celle qui provient du filament coudé est plus voisine que l'autre de la limite au delà de

laquelle il n'y a plus de matière albuminoïde proprement dite, on peut les confondre au point de vue pratique.

Toutefois, comme je le disais l'an dernier, la présence de la seconde caractérise en moyenne un fromage plus fortement avarié, et en songeant qu'on en rencontre toujours dans les fromages du Cantal qui vieillissent, en songeant aussi que je n'ai trouvé aucun échantillon de fromage exempt de filament coudé, je serais porté à chercher dans ce parasite un des principaux éléments de destruction de ce produit, qu'il provienne du Cantal ou d'ailleurs. La diffusion du parasite est sans doute en relation avec son caractère aérobie. Elle est aussi favorisée par cette circonstance qu'il résiste très-bien à une température de 100° dans une liqueur neutre, et que par suite aucun lavage à l'eau bouillante n'en peut détruire les germes lorsqu'ils ont pénétré quelque part.

En résumé, ce premier travail nous a permis de distinguer dans le fromage du Cantal six espèces d'êtres bien différents :

1° Une levure alcoolique.

2° Le ferment lactique.

3° Le ferment butyrique.

4° Le ferment de l'urée.

5° Le vibrion chaînette.

6° Le filament coudé.

Il me reste à décrire encore quatre espèces, au moins pour épuiser le chiffre de celles que les procédés indiqués ci-dessus m'ont permis jusqu'ici de découvrir dans le fromage du Cantal; mais leur étude est moins avancée, et je dois la réserver pour mon prochain rapport.

ÉTUDES NOUVELLES SUR LA COMPOSITION DES VÉGÉTAUX

ET

SPÉCIALEMENT DE LA BETTERAVE A SUCRE
AU POINT DE VUE DE L'AZOTE ET DES MATIÈRES MINÉRALES

PAR

M. H. PELLET,
chimiste de la Compagnie de Fives-Lille.

PREMIÈRE PARTIE.

1° *Les matières minérales sont-elles indispensables à la formation des végétaux?*

Cette question, qui aujourd'hui semble complètement élucidée, a cependant donné lieu à des opinions très diverses.

On pensait autrefois que l'eau seule était nécessaire aux végétaux et que les matières minérales qu'on rencontre dans les différents organes des plantes y étaient entrées par simple absorption, sans aucune utilité.

De Saussure est le premier qui ait constaté non seulement que les substances minérales étaient indispensables, mais que des plantes différentes, cultivées dans la même terre, ne renferment pas les principes de leurs cendres dans le même rapport[1].

Les nombreuses expériences exécutées depuis le commencement du siècle ont démontré, comme nous devons l'admettre aujourd'hui, que *les matières minérales sont indispensables à la formation des végétaux.*

2° *Les matières minérales contenues dans le sol sont-elles absorbées indistinctement par une même plante?*

Cette deuxième question a été longtemps discutée.

Les uns admettent que les cendres d'un même végétal varient surtout suivant le sol, et qu'il n'y a rien de régulier dans la composition des matières salines laissées par l'incinération d'un végétal.

D'autres, au contraire, pensent que chaque espèce soutire au sol un ensemble de matières minérales propres à sa constitution spéciale, mais sans se rendre compte entièrement cependant de

1. De Saussure, *Recherches chimiques*, p. 283.

certains faits anormaux qu'on rencontre dans l'analyse des cendres d'un végétal unique cultivé sur des sols diversement fumés.

D'autres enfin admettent que la plante fait un certain choix parmi les matières solubles qu'elle rencontre dans le sol, mais contestent l'influence heureuse de tel ou tel élément trouvé par l'analyse dans les cendres.

Nous reviendrons ultérieurement sur ces diverses opinions et nous montrerons que les faits cités à l'appui de chacune d'elles sont parfaitement exacts, mais que l'explication de ces différences peut être facilement donnée depuis les nouvelles études que M. Champion et nous avons entreprises au sujet de la composition minérale des végétaux et spécialement de la betterave à sucre.

Pour démontrer d'abord que les plantes choisissent bien dans le sol ce qui leur est indispensable, nous donnerons l'analyse des cendres de quelques végétaux.

Nous prenons pour cela non pas la betterave, dans laquelle on rencontre à peu près tous les principaux acides minéraux et les bases, telles que la potasse, la soude, la chaux et la magnésie, mais le blé et le tabac.

En effet, pour le tabac, quel que soit le mode de culture, l'espèce, etc., et la nature des engrais, l'analyse ne révèledans les cendres que des traces de soude.

M. Schlœsing, dans une remarquable étude sur le tabac, a démontré ce fait d'une manière évidente[1].

M. Péligot a fait également un travail classique sur la composition générale des cendres des végétaux au point de vue de la répartition de la potasse et de la soude. Ce savant est arrivé à conclure que la plupart des végétaux, le blé, la pomme de terre, etc., ne contenaient que des traces de soude, bien que cultivés sur des sols chargés de cet alcali. Mais nous croyons que les résultats les plus concluants sont fournis par les analyses que nous avons faites sur des échantillons de blé cultivés en Angleterre.

En effet, MM. Lawes et Gilbert, les deux éminents agronomes de Rothamsted, ont entrepris depuis longues années une série de recherches ayant pour but d'étudier l'influence des engrais sur les végétaux et particulièrement sur le blé. Ces expérimentateurs célèbres ne se sont pas contentés d'une culture suivie de deux ou trois ans dans le même sol, mais ont fait durer les essais pendant vingt ans.

1. *Le tabac*, par M. Th. Schlœsing, p. 33 et 79.

Grâce à leur extrême bienveillance, nous avons pu nous procurer quatre échantillons de blé (grains et pailles) représentant la moyenne de quatre parcelles de leurs champs d'expériences situés à Rothamsted.

Les quatre parcelles, numérotées 11, 12, 13, 14, avaient reçu chacune, pendant vingt années de suite et par hectare, les quantités et produits suivants[1] :

N° 11.	448kgr sels ammoniacaux et	437kgr	de	superphosphate	de chaux.
12.	—	—	376kgr	de	sulfate de soude.
13.	—	—	224kgr	de —	de potasse.
14.	—	—	313kgr	de —	de magnésie.

Chaque parcelle a produit le même volume de grain et sensiblement le même poids de paille.

A la récolte, on conservait dans des bocaux spéciaux un échantillon de grain et de paille coupée en petits morceaux.

Les échantillons qui nous ont été remis contenaient un poids égal de grain et de paille de chaque année.

On n'a trouvé que des traces de soude dans chaque analyse.

Ainsi, pendant vingt ans, malgré l'absence de potasse dans quelques-uns des engrais et l'addition continuelle de la soude, cet alcali n'est pas entré dans le blé.

Cette plante ne prend donc pas de soude.

Il résulte donc de ce que nous venons de dire au sujet du tabac et du blé :

Que les végétaux choisissent dans le sol certaines substances minérales à l'exclusion presque complète de la soude.

Si la composition des cendres des grains des quatre parcelles a peu varié, le poids direct des cendres pour 100 grammes du végétal normal a peu varié également.

En expérimentant sur divers végétaux, nous avons reconnu que ce fait était vrai en général pour la plante complète.

Ces résultats paraissent en contradiction avec diverses observations et expériences de quelques chimistes.

Nous indiquerons les causes qui peuvent influencer les résultats et notamment :

1. Pour des renseignements plus complets sur la ferme de Rothamsted, nous renvoyons au mémoire intéressant qu'a publié à ce sujet M. P.-P. Dehérain dans *La Revue scientifique* (n° 46, p. 1091, 1875).

1° Du procédé d'incinération et du mode d'analyse.

2° De l'époque à laquelle on a prélevé l'échantillon.

3° De la nature de l'échantillon et s'il a été prélevé sur une partie du végétal ou sur le végétal complet.

4° Si la végétation était normale au moment de l'analyse.

5° Enfin de l'état de vigueur de la plante analysée.

1° Nous ne nous étendrons pas sur le procédé d'analyse.

Nous dirons simplement que le dosage des cendres doit toujours être fait par la méthode qui consiste à carboniser d'abord la plante, à lessiver le résidu et à calciner ensuite la partie insoluble. Les deux parties, pesées et réunies, donnent le poids des cendres.

Nous pensons qu'il y a lieu, dans l'analyse des cendres, de supprimer l'acide carbonique, qui ne constitue pas réellement une matière minérale.

2° L'époque à laquelle on fait l'analyse a une très grande importance. Tous les chimistes ont remarqué combien est différente la composition des végétaux suivant les époques.

Par conséquent, nous pensons que les essais comparatifs doivent être faits sur un végétal mûr ou au moins qu'on ne doit comparer que des plantes arrivées au même état de développement, et il est dans tous les cas bien préférable, pour connaître les besoins d'une plante, de s'en tenir au végétal mûr.

3° Pour déduire ce qu'il était utile de restituer au sol ou calculer ce que la plante exportait d'un terrain quelconque, on a souvent eu recours à des chiffres donnant la composition d'une partie du végétal.

Ainsi, pour la betterave, les feuilles ont été négligées la plupart du temps, parce que, disait-on, ces détritus sont laissés au sol, et qu'on n'avait nul besoin d'en tenir compte.

Cette supposition est, croyons-nous, inexacte.

Les feuilles, par leur nature, par leur dispersion sur le sol ne peuvent donner à une récolte suivante tout ce qu'elles ont prélevé. Les matières minérales qu'elles retiennent ne peuvent être assimilées en quelques mois, mais sont utilisées peu à peu.

D'un autre côté, en ne supposant aucune perte de la part des feuilles, pailles ou fanes, relativement au terrain, on peut être induit en erreur au point de vue de la composition générale du végétal complet.

Nous dirons de suite que, pour certaines plantes, le rôle des

feuilles et des pailles est immense, et que, suivant la composition de leurs racines ou de leurs grains, les feuilles et les pailles varient également de composition.

En somme, pour le genre de recherches que nous poursuivons, on doit toujours analyser le végétal complet.

4° L'analyse évidemment doit porter sur un végétal normal, soit comme grosseur, hauteur, poids ou richesse en un produit déterminé, le sucre, par exemple, pour la betterave.

Il est bien évident que, dans certaines circonstances, on peut obtenir des betteraves, très petites, contenant 2 à 3 p. 100 de sucre lors de la récolte, et que l'analyse complète dans ces conditions ne démontrerait rien au point de vue de la composition générale de la betterave.

5° La valeur du végétal est aussi à considérer.

Les cendres d'un blé ne fournissant que des quantités insignifiantes de grains pour une grande quantité de paille ne doivent pas être prises comme termes de comparaison.

Faits démontrant l'égale composition d'un même végétal normal au point de vue de la quantité des cendres.

Prenons par exemple le blé.

M. Péligot a examiné un certain nombre de blés de provenances diverses, et la quantité normale des cendres a varié de 1,4 à 1,9. La moyenne a été de 1,7.

Nous avons eu dans les blés dont nous parlions ci-dessus, provenant de la ferme de Rothamsted, un chiffre de 1,66 de cendres pour 100 de blé normal.

Dans les analyses de M. Péligot, les blés ne contenant que 1,4 de cendres, on trouvait 15,2 p. 100 d'eau en général, tandis que dans les blés à 1,9 de cendres il n'y en avait que 13 à 14.

En ramenant le poids des cendres à la matière sèche, on peut dire que la quantité de cendres pour 100 grammes de blé à l'état sec est invariable, quel que soit le mode de culture (la nature du sol, les engrais).

En effet, dans les blés analysés par M. Péligot, les uns provenaient de France, d'autres d'Espagne, d'autres de Pologne.

Comme fixité de composition des végétaux, nous pouvons citer encore les expériences tirées du livre de M. A. Ronna sur la ferme de Rothamsted.

1° Pour le blé : MM. Lawes et Gilbert ont indiqué :

1,98 de cendres p. 100 de matière sèche.

En rapportant à 100 kilogr. de matière normale, on trouve :

1^{kgr},6355 de cendres.

M. Péligot avait donné, de son côté, pour divers blés, ainsi qu'il est dit ci-dessus, 1,7.

2° Pour le foin (p. 111 de la brochure de M. Ronna).

Pendant trois années et avec 16 engrais différents, la quantité d'acide phosphorique pour 100 kilogr. de cendres a été de 5^{kgr},59, 5^{kgr},52, 5^{kgr},60, pour les années 1856, 1857, 1858.

Pour le tabac, les observations que nous avons faites nous ont conduit à des chiffres moins exacts, mais cependant très rapprochés. En général les tabacs renferment à l'état sec de 22 à 24 p. 100 de cendres.

Mais on doit faire observer que la plante n'est pas entière ; que la relation entre la tige principale et les feuilles peut varier suivant l'espèce, le sol, les engrais, et surtout lorsqu'on emploie certains procédés physiques ayant pour but d'augmenter le développement des feuilles.

La feuille de tabac est souvent analysée débarrassée de la plus grande partie des pétioles ou côtes, non utilisables pour la confection des cigares, par exemple. Dans ce cas les différences entre les poids des cendres de divers tabacs peuvent être plus ou moins grandes, suivant que les feuilles ont été plus ou moins débarrassées de ces côtes.

En effet, les pétioles n'ont pas la même composition que le limbe.

Nous n'avons pas examiné à ce point de vue le tabac, mais ce qui est vrai pour ce végétal l'est également pour la feuille de betterave. Et dans les feuilles de betteraves nous avons eu :

	Pétioles.	Limbes.
Acide carbonique	22.00	18.30
Acide sulfurique	2.90	11.55
Acide phosphorique	2.60	6.00
Chlore	15.40	2.10
Potasse	38.00	25.05
Soude	9.90	10.97
Chaux	6.97	11.20
Magnésie	5.00	14.10
Silice, fer, etc	70	1.20
	103.47	100.47
Oxygène à déduire pour le chlore	3.47	47
	100.00	100.00

Non seulement la composition des cendres est très différente, comme on peut le voir dans le tableau ci-dessus, mais la proportion de l'eau, de l'azote, de l'acide nitrique des cendres est également variable. Exemples :

	Eau.	Matière sèche.	Cendres p. 100 matière sèche.	p. 100 gr. mat. sèche. Azote total.	Nitrate de potasse.
Pétioles........	90.8	10.2	21.0	2.35	8.46
Limbes.........	83.54	16.46	24.5 0/0	4.02	1.10

D'un autre côté, lorsque le poids des cendres pour 100 de matière sèche de plusieurs tabacs n'est pas très rapproché, on constate dans les cendres des différences notables au point de vue de la quantité de divers alcalis, tels que la potasse et la chaux principalement. Nous expliquerons plus loin à quelles causes il faut attribuer ces différences.

Si, pour le blé et la feuille sèche de tabac, on a trouvé des poids sensiblement constants de cendres, il n'en est pas de même pour la betterave. Dans ce végétal, au contraire, le poids des cendres de la racine varie considérablement, ainsi que dans les feuilles.

On pensait dès lors que certaines plantes choisissaient bien les éléments minéraux en quantité et en nature, mais que pour d'autres, la betterave, en particulier, on devait admettre une composition diverse variant avec la nature du sol, le végétal, tout étant normal, paraissant utiliser les principes minéraux dans des limites de poids assez larges. Mais, en examinant de plus près la composition générale du végétal complet, on a reconnu que ces anomalies disparaissaient, et qu'il fallait rapporter le poids total des cendres à une quantité déterminée d'un produit spécial et surtout celui pour lequel la plante est cultivée. Pour la betterave, par exemple, ce sera le sucre; pour le blé, l'amidon, etc.

Sur la différence de poids et de composition des cendres d'un même végétal cultivé dans diverses conditions.

Si certaines plantes, comme le blé, varient peu au point de vue de la composition de leurs cendres, le tabac, la betterave, au contraire, présentent des différences considérables.

Pour le tabac, par exemple, le dosage des alcalis nous a donné [1] :

1. Mémoire de MM. Champion et Pellet.

	Brésil.		Lot.	
	1	2	1	2
Chaux	15.0	20.8	28.1	27.20
Potasse	47.1	38.1	19·5	21.50
Magnésie	8.4	7.95	8.1	7.96

M. Joulie a obtenu sur des cendres de betteraves cultivées à l'aide de divers engrais, les résultats suivants, rapportés à 100 grammes des alcalis contenus dans la betterave [1] :

Parcelles.	3	4	12
Potasse	72.8	40.1	65.0
Soude	12.5	39.3	17
Chaux	9.2	12.8	10
Magnésie	5.5	7.8	8

On voit que les différences se sont surtout manifestées entre la soude et la potasse. Ainsi le n° 3 renferme près de 6 de potasse contre 1 de soude, tandis que le n° 4 contient les deux alcalis à peu près dans la même proportion.

Dans le n° 12, la potasse est près de 4 fois le poids de la soude.

Les betteraves de chacune de ces parcelles étaient non seulement normales, puisqu'elles contenaient de 11,06 à 12,52 de sucre pour 100 de betteraves, mais encore la récolte a été suffisante. Elle a varié de 31 590 à 40 250 kilogrammes à l'hectare.

Quant au poids des cendres récoltées par hectare pour un même poids de racines, les auteurs ont produit des chiffres présentant entre eux de très grands écarts.

On a trouvé depuis 150 à 200 kilogr. jusqu'à plus de 400 kilogr.

M. Boussingault a donné $9^{kgr},9$ de cendres totales pour 1000 kilogrammes de betteraves.

Grierenkerl, seulement 7,7, et Karmrodt est descendu jusqu'à 6 4.

Ces énormes différences tiennent pour la plupart à la quantité d'eau, qui n'est pas en même proportion dans la betterave, puis aussi à ce que l'analyse ne portait que sur une partie de végétal, les feuilles étant mises de côté.

Mais les écarts deviennent bien moins considérables lorsqu'on rapporte le poids des cendres totales (non pas des racines seulement, mais des feuilles comprises) à un des éléments utiles formés, le sucre, par exemple, pour la betterave.

1. Joulie, *Études nouvelles sur la culture de la betterave et les engrais chimiques*, p. 16-17.

Mais avant d'entreprendre la deuxième partie de notre mémoire, nous devons résumer ce qui ressort des lignes précédentes :

1° Les matières minérales sont indispensables à la formation des végétaux.

Dans certaines plantes ou parties de plantes, le poids des cendres et leur composition varient peu, quel que soit le terrain sur lequel on les a cultivées.

2° On en conclut que ces plantes choisissent dans le sol ce qui leur est nécessaire non seulement en poids mais, en outre, que les poids des diverses substances présentent entre eux certaines relations.

3° Enfin, pour d'autres végétaux, au contraire, on n'a pu jusqu'ici remarquer de fixité ni dans la composition minérale ni dans le poids des cendres pour 100 grammes de matière normale ou sèche.

Ceci semble condamner les auteurs voulant que dans un végétal on constate l'uniformité de composition et même de poids des substances minérales, quel que soit le terrain sur lequel la plante a été cultivée, et cela pour toutes sortes de plantes.

Dans notre deuxième partie, nous allons essayer de démontrer d'où proviennent ces anomalies.

DEUXIÈME PARTIE

1° Constance du poids et de la composition des cendres des végétaux rapportées à une matière donnée.

2° Substitution des alcalis entre eux. Équivalence.

1° *Constance du poids et de la composition des cendres des végétaux rapportées à une matière donnée.*

Les études nouvelles que nous avons entreprises pour savoir si réellement un végétal avait besoin d'une composition minérale définie, ont été exécutées particulièrement sur la betterave à sucre. Mais les résultats obtenus, appliqués à d'autres végétaux, se sont trouvés exacts. Il n'est donc pas douteux que ce que nous allons démontrer s'applique à tous les végétaux. Si nous examinons les quantités de matière enlevée par 30 000 kilogr. de betteraves récoltées dans divers pays, nous constatons que le poids total des cendres (racines et feuilles) varie de 150 à 400 kilogr. Mais déjà pour un même pays les différences deviennent moins grandes par suite

d'une sorte de fixité dans la richesse en sucre des racines récoltées. Pour l'Allemagne divers auteurs ont indiqué 355 kilogr. à 398. De suite nous avons pensé que peut-être les résultats observés ne provenaient que de la différence de richesse des betteraves, et nous avons continué nos essais en rapportant chaque somme des cendres à un poids donné de sucre, soit 100 kilogr. Nous sommes arrivé à démontrer ainsi que :

Quelle que soit la betterave, 100 kilogr. de sucre emportaient dans le végétal complet un poids sensiblement constant de matières minérales.

Les résultats d'un grand nombre d'analyses que nous avons faites, et surtout les chiffres publiés sur la composition des cendres de feuilles et de betteraves, soit en France, soit en Allemagne, nous ont permis de déduire que le poids de matière minérale nécessaire à la formation de 100 kilogr. de sucre était de 17 à 19 kilogr.

Ainsi, prenons à la maturité une certaine quantité de betteraves complètes (avec les feuilles), en ayant soin d'y joindre les feuilles plus ou moins sèches qu'on peut récolter autour de chaque plant, puis, déterminons le poids des cendres dans les feuilles et dans les racines pour 100 grammes de matière normale.

En multipliant ces deux chiffres par le poids total respectif des feuilles et des racines et en divisant par la quantité totale de sucre contenue dans la racine, on obtiendra un nombre se rapprochant de 18 kilogr. (y compris l'acide carbonique). Lorsqu'on ne tient pas compte de l'acide carbonique, et c'est ce qui doit toujours être, le nombre descend à 12 ou 14 kilogr.

Nous citerons un exemple de notre manière de calculer en prenant les résultats obtenus par M. Barbet. Sur un hectare ce chimiste avait observé un rendement de :

Feuilles, 40000 kilogr.
Racines, 60000 kilogr. contenant 10,22 p. 100 de sucre, d'où : sucre total, 6132 kilogr.

La quantité de cendres p. 100 gr. de feuilles était $1^{gr},50$
— — — de racines — $0^{gr},88$

$$1° \text{ d'où } \frac{1.50 \times 40000}{100} = 600 \text{ kilogr.}$$

$$2° \text{ d'où } \frac{0.88 \times 60000}{100} = 528 \text{ kilogr.}$$

Total des cendres.. 1128 kilogr.

D'où : si 6132 kilogr. de sucre ont prelevé 1128 kilogr. de cendres.
100 kilogr. prélèveront........ $18^{kgr},3$.

Nous disons de prendre les racines à la maturité, car les résultats sont autres si le végétal est pris à la moitié ou aux trois quarts de son développement.

En général, la quantité de cendres pour 100 kilogr. de sucre est en raison inverse de la maturité. La betterave bonne à récolter, renfermant au mois d'octobre 18 kilogr. de cendres environ pour 100 kilos de sucre, contenait vers la fin d'août un chiffre plus élevé pouvant aller jusqu'à 22 et 25 kilogrammes.

La betterave, avant de former tout le sucre dont elle est capable, fabrique, pour ainsi dire, les cellules qui plus tard recevront ce sucre, et la maturité arrivera lorsque le développement des tissus aura cessé et que les feuilles continueront encore quelques jours la fonction productrice du sucre[1].

La betterave sera entièrement mûre lorsque la fonction productrice des feuilles sera terminée à son tour. Or, pendant ce développement des tissus cellulaires, il y a emmagasinement, pour ainsi dire, des substances minérales et azotées qui passeront ultérieurement dans les feuilles ou serviront à la nutrition des racines et des feuilles pendant que le sucre viendra se loger dans les cellules.

On déduit de suite l'importance de nos observations : c'est que, pour la production du sucre total à l'hectare, on doit observer les conditions ci-dessous :

Bonne graine.

Introduire dans le sol, si elles n'y préexistent, suffisamment de substances minérales pour la production d'un poids donné de sucre, afin que la plante puisse s'assimiler cette quantité de matières minérales pendant la durée de la végétation. Avec notre théorie, basée sur les faits, il est donc facile de concevoir la possibilité de produire 10000 kilogr. de sucre à l'hectare enlevant 13 à 1400 kilogrammes de matières minérales (sans acide carbonique).

Il suffit de produire 80000 pieds de racines pesant 1 kilogr. avec richesse de 12,5 p. 100. Les chiffres que nous donnons ne sont pas exagérés. Mais lorsqu'on essaye la culture des racines à 15 et 16 p. 100, on dit qu'elles ne rendent pas. Cela est naturel : la quantité totale de matière minérale absorbable en six mois est insuffisante.

On a bien serré, mais avec le manque de substances salines on

1. Dubrunfaut, *le Sucre*, p. 267.

observe que le nombre des pieds, qui était de 60 à 70000 à la plantation, est descendu à 25 et 30000. En résumé, on a des betteraves plus riches, mais souvent on a moins de poids, et le total du sucre à l'hectare est proportionnel au poids total des cendres enlevées.

A la Guadeloupe, du reste, certains planteurs comptaient la somme d'engrais à mettre, non pas par pied de canne, mais par *livres de sucre* à récolter par hectare. On savait bien déjà, pour la betterave seule, qu'il y avait une certaine relation entre les sels et le sucre; mais cette relation était précisément opposée à celle que nous soutenons pour le végétal complet.

En effet, on a observé qu'en général le poids des cendres dans les jus de betteraves était en raison inverse de la quantité de sucre.

Mais ce qui paraît vrai pour la racine ne l'est plus pour les feuilles. Au contraire, plus la racine est riche, plus il y a de matières minérales dans les feuilles. On a constaté en outre que les betteraves riches avaient toujours en général :

1° Un grand nombre de feuilles (divers).

2° Beaucoup de feuilles en poids pour 100 kilogr. de racines.

3° Des feuilles très larges (Champion et Pellet, Violette, Corenwinder).

On voit donc que si les sels diminuent dans la racine riche, ils ont augmenté dans les feuilles, et qu'en somme l'*épuisement du sol est proportionnel à la quantité de sucre total produit à l'hectare et non au poids de la récolte.*

Quelquefois certaines racines très sucrées paraissent avoir moins de feuilles en nombre, en surface et en poids que d'autres moins riches en sucre; mais à l'analyse on constate une quantité plus élevée de cendres dans les premières que dans les deuxièmes.

Si l'épuisement du sol pendant la végétation est proportionnel à la quantité de sucre formée, il n'en est plus de même à la récolte. En effet, à la récolte les betteraves riches enlèvent au sol seulement 5, 6 ou 7 de cendres pour 100 de sucre, soit 11 à 13 kilogr. de cendres laissées dans les feuilles et sur le terrain, tandis que les racines pauvres exporteront 8, 9, 10 et même 12 kilogr. de cendres pour 100 de sucre.

C'est ce qui fait dire que, *proportionnellement, la betterave riche épuise moins le sol que la betterave pauvre.* Mais il n'en faut pas moins qu'avant la plantation le sol soit fortement fumé (engrais complet) pour produire et qualité et quantité. La dépense d'engrais

est donc à ce moment proportionnelle à la quantité de sucre à produire.

Lorsqu'on a fait quelques essais relatifs aux conclusions que nous venons d'exposer, on n'a pas toujours obtenu des chiffres constants. C'est-à-dire que 100 kilogr. de sucre rapportés au végétal complet ont absorbé plus ou moins de 12 à 13 kilogr. de cendres (sans acide carbonique).

Dans le chapitre suivant nous allons démontrer pourquoi.

Cependant il peut y avoir quelques causes d'erreur que nous pouvons éliminer. — Par exemple, si on répète nos expériences sur des racines venues sur un terrain saturé de divers sels, la plante pourra absorber ces sels en quantités plus ou moins grandes. Ces sels ne doivent pas être considérés comme faisant partie de la constitution intime de la plante, mais comme *matières minérales accidentelles*. On observe surtout cette absorption lorsque le sol contient un excès de sel de soude, de potasse principalement. Au contraire, quand le phosphate de chaux est en grande quantité, il n'est pas absorbé sensiblement.

Substitution équivalente des alcalis dans la betterave.

Étant admis que la soude peut remplacer la potasse, et réciproquement, nous avons cherché si le remplacement pouvait avoir lieu *poids pour poids* ou *équivalent par équivalent.*

Nos résultats ont démontré que ce remplacement avait lieu *par équivalent.*

C'est-à-dire que lors de la formation des sels organiques, si la potasse fait défaut, elle sera remplacée par de la soude, et d'après la table ordinaire des équivalents, 47 grammes de potasse seront remplacés par 31 grammes de soude.

On voit de suite que sur un terrain potassique le poids *direct des sels* sera toujours plus élevé que le *poids* des sels trouvé pour une betterave cultivée sur un sol à base de soude.

Mais, si on analyse entièrement les cendres des feuilles et des racines correspondant à 100 grammes de *sucre*, on trouve que la *quantité d'acide sulfurique nécessaire pour saturer toutes les bases est sensiblement constante, quelle que soit la composition des cendres.*

Pour la betterave, par exemple, le total des alcalis (potasse, soude,

magnésie, chaux), sature environ 11 kilogr. d'acide sulfurique (SO^3) pour 100 kilogrammes de sucre.

On explique par ce fait pourquoi des betteraves venues sur des terrains calcaires et magnésiens sont généralement moins salines que des betteraves récoltées sur des terrains potassiques. C'est que les équivalents des sels de magnésie et de chaux sont très faibles par rapport aux sels de potasse. Mais la quantité d'acide sulfurique nécessaire à saturer tous les alcalis reste sensiblement la même.

Cette substitution équivalente n'est pas indéfinie; ainsi, dans la betterave, on a remarqué une substitution entre la soude et la potasse. La chaux également peut se substituer à la soude et à la potasse. La magnésie semble être plus fixe et on n'observe la substitution que dans les cas où la potasse et la soude font presque entièrement défaut.

Dans un essai spécial, en supprimant la potasse et la soude, sur un terrain ordinaire, en mettant des sels de chaux et de magnésie, nous avons pu obtenir des betteraves dont le jus ne renfermait que 0,45 à 0,50 de cendres, par suite du remplacement partiel de la potasse par la magnésie et la chaux.

Substitution équivalente des alcalis dans les plantes autres que les betteraves.

Nos essais directs à ce point de vue ont été peu nombreux, mais en prenant les résultats d'analyses obtenus par divers chimistes sur les mêmes plantes, dans diverses contrées, nous avons pu constater, par exemple, que pour le tabac, quoique on ait opéré sur un végétal incomplet, 100 grammes de matière sèche renfermaient des alcalis saturant de 15gr,75 à 17gr,16 d'acide sulfurique (SO^3). Les tabacs provenaient du Lot, de l'Ille-et-Vilaine, de Hongrie, du Pas-de-Calais, etc.

Nous pouvons donner un tableau d'essais faits sur des tabacs du Brésil et du Lot.

	TABAC DU BRÉSIL 100 GR. DE MATIÈRE SÈCHE RENFERMENT CENDRES : 23.8				TABAC DU LOT 21.8	
	N° 1.		N° 2.		N° 3.	
		ACIDE SULFURIQUE corresp^t.		ACIDE SULFURIQUE corresp^t.		ACIDE SULFURIQUE corresp^t.
Chaux.....	15.0	21.43	20.8	29.7	28.1	40.44
Potasse....	47.1	40.00	38.1	32.35	19.5	16.56
Magnésie...	8.4	16.8	7.95	15.90	8.1	16.20
Acide carb..	15.2	»	14 3	»	19.0	»

Pour 100 grammes de matières minérales, sans acide carbonique, on trouve qu'il faut un total d'acide sulfurique de

92.25 pour le n° 1.
90.95 — n° 2.
90.00 — n° 3.

On voit encore que la magnésie ne subit que de très légères variations. Par conséquent la substitution n'a eu lieu qu'entre la chaux et la potasse.

Nous avons appliqué notre calcul d'équivalents à des analyses de cendres de foin publiées par MM. Lawes et Gilbert, à la suite de leurs cultures sur la ferme de Rothamsted (Angleterre)[1].

ALCALIS DOSÉS.	PARCELLE 5 sans engrais.		PARCELLE 4 avec 192^{kgr}. azote.		ENGRAIS MINÉRAL.		ENGRAIS MINÉRAL et 92^{kgr}. azote.		ENGRAIS MINÉRAL et 184^{kgr}. azote.	
	p. 100 kgr. de cendres.	So^3 correspond^t.	p. 100 kgr. de cendres.	So^3 correspond^t.	p. 100 kgr. de cendres.	So^3 correspond^t.	p. 100 kgr. de cendres.	So^3 correspond^t.	p. 100 kgr. de cendres.	So^3 correspond^t.
Chaux............	13.85	19.66	13.85	19.66	13.38	18.99	9.60	13.63	8.65	12.28
Magnésie..........	4.14	8.28	4.70	9.40	3.70	7.40	3.41	6.82	3.98	7.96
Potasse...........	20.40	17.34	17.09	14.52	29.79	25.30	28.08	23.86	28.89	24.55
Soude.............	8.43	10.87	10.31	13.29	4.58	5.90	7.05	9.09	8.49	10.95
Total de l'acide sulfurique nécessaire pour saturer 100 k. de cendres........		56.15		56.87		57.59		53.40		55.74

1. *La ferme de Rothamsted*, par M. Ronna; p. 110.

Dans les cendres ci-dessus il y avait une certaine quantité de sable et de charbon. En ramenant à 100 kilogr. de cendres sans sable ni charbon, on trouve pour l'acide sulfurique :

58.85 60.52 59.59 56.74 58.74.

Pour des sarments de vignes, d'après deux analyses, on a trouvé de 92,4 à 96,6 d'acide sulfurique pour saturer 100 grammes de cendres.

		1.	2.
On avait pour 100 gr. de cendres.	Potasse......	34.1	26.1
— — —	Soude.......	7.6	0.25
— — —	Chaux.......	30.3	39.6
— — —	Magnésie....	4.7	8.8
SO^3 correspondant...........................		92.4	96.6

Mais, à propos de cette analyse, nous ferons une remarque qui a une certaine importance quand on applique nos calculs à des cendres déjà analysées, et lorsque la substitution, comme dans le cas ci-dessus, a été assez notable.

En effet, par la pensée on peut admettre que la différence de substitution porte entre la magnésie et la potasse, le total de la soude et de la chaux étant sensiblement égal dans les deux analyses, et les deux équivalents étant rapprochés. Or, lorsqu'on a pris 100 grammes des deux cendres pour l'analyse, on a pris un chiffre trop élevé, dans le cas n° 2, pour pouvoir comparer au n° 1.

Certainement, le poids des cendres pour 100 grammes de matière sèche devait être plus faible dans le n° 2 que dans le n° 1. Nous voyons que 8 de potasse ont été remplacés par de la magnésie, environ $4^{gr},1$.

Donc, si 100 grammes de cendres correspondent à 96,6 d'acide sulfurique, 95,3 correspondent à 92,15 au lieu de 92,4.

On observe, en général, que lorsque la substitution a eu lieu entre la potasse et un alcali à équivalent faible, la quantité d'acide nécessaire pour saturer 100 grammes de cendres sera toujours plus élevée dans le dernier cas.

On diminuera les erreurs en prenant le végétal complet et en faisant directement l'analyse sur les cendres provenant de 100 grammes de matière sèche. L'influence du remplacement est notablement diminuée.

En résumé :

1° *Les végétaux complets doivent avoir une composition constante au point de vue de la quantité totale des matières minérales rapportées à* 100 *grammes d'une substance principale, sucre, amidon ou fécule.*

2° *Le poids des cendres peut varier lorsqu'il y a eu remplacement des alcalis entre eux, mais la quantité totale d'acide sulfurique nécessaire pour les saturer reste sensiblement la même, c'est-à-dire qu'il y a eu remplacement par équivalent.*

3° *Certains végétaux admettent une substitution entre leurs alcalis, dans de très grandes proportions, sans cesser d'être normaux ; dans d'autres, au contraire, la substitution n'a lieu qu'entre de faibles limites.*

4° L'influence du terrain est sensiblement nulle, au point de vue de la composition des cendres. Suivant sa nature, il n'agira que par la substitution de la potasse, de la soude ou des alcalis terreux.

Nous exceptons les terrains *très chargés* de sels solubles, qui fournissent aux plantes des *sels accidentels* ne faisant pas partie de la constitution normale du végétal.

Rapport entre l'acide phosphorique et le sucre dans la betterave

Lorsque, après les alcalis, on porte son attention sur l'acide principal qu'on trouve dans tous les végétaux, *l'acide phosphorique*, on constate un fait remarquable, qui est le suivant :

Quelle que soit la betterave, 100 grammes de sucre emportent dans les feuilles et la racine un poids fixe d'acide phosphorique. Ce poids est compris entre 1 gramme et 1gr,2 p. 100 grammes de sucre.

MM. Champion et Pellet avaient fait diverses expériences à ce sujet, mais quelques chimistes, dans un tout autre but de recherches, sont arrivés aux mêmes résultats. Nous donnerons d'abord les expériences faites par M. Pagnoul, d'Arras. Ce chimiste voulait démontrer que, quelle que soit la quantité d'acide phosphorique mise à la disposition de la betterave par les engrais, on n'en constate pas une plus grande proportion dans les feuilles et dans la racine, ainsi, exemples :

	Parcelle sans phosphate.	Parcelle avec phosphate.
Poids de la racine au 6 septembre.......	436 gr.	430 gr.
Poids des feuilles.....................	187	204 gr.
Sucre p. 100 gr. de betteraves..........	14.29	12.90
Acide phosph. p. 100 gr. de betteraves...	0.107	0.102
— — p. 100 gr. de feuilles....	0.072	0.064
Engrais employés par hect. { Nitrate de soude...........	800 kgr.	800 kgr.
Chlorure de potassium.......	200	200
Superphosphate de chaux....	»	700

Dans la parcelle sans phosphate on a eu :

1° Acide phosphorique total dans la racine : $\frac{436 \times 0.107}{100} = 0\text{gr}.4665$

2° Acide phosphorique total dans les feuilles : $\frac{187 \times 0.072}{100} = 0\text{gr}.1346$

Acide phosphorique total :........................... 0gr.6011

3° Sucre total :........................ $\frac{436 \times 14.29}{100} = 62\text{ gr. }3$

Soit acide phosphorique p. 100 kgr. de sucre : $\frac{0.6011 \times 100}{62.3} = 0\text{kgr}.97.$

Dans la parcelle au phosphate on a eu :

1° Acide phosphorique total dans la racine : $\frac{430 \times 0.102}{100} = 0\text{gr}.4386$

2° Acide phosphorique total dans les feuilles : $\frac{204 \times 0.064}{100} = 0\text{gr}.1305$

Acide phosphorique total :........................... 0gr.5691

3° Sucre total :........................ $\frac{430 \times 12.9}{100} = 55\text{ gr. }4$

Soit acide phosphorique p. 100 kgr de sucre : $\frac{0.5691 \times 100}{55.4} = 1\text{kgr}.02.$

Expériences de M. Barbet (septembre 1875) :

A.

	gr.
Poids des racines....................................	1226
Sucre p. 100 gr......................................	8.53
1° Acide phosphorique p. 100 gr. de racines...............	0.0729
Feuilles..	519
2° Acide phosphorique p. 100 de feuilles..................	0.0867

Soit acide phosphorique total dans la racine : $\frac{1226\text{gr.} \times 0\text{ gr}.0729}{100} = 0\text{gr}.8937$

— — dans les feuilles : $\frac{519\text{ gr.} \times 0\text{ gr}.0867}{100} = 0\text{gr}.4499$

Acide phosphorique total.........:....................... 1gr.3436

3° Sucre total :......................... $\frac{1226 \times 8.53}{100} = 104\text{gr. }45.$

Soit acide phosphorique p. 100 kgr. de sucre = **1 kgr.28.**

B.

Poids total de la betterave à l'hectare...........	60000 kgr. sucre 10.22	
Feuilles.....................................	40000	
Acide phosphorique p. 100 kgr. de betteraves.............		0 gr. 0866
— — p. 100 kgr. de feuilles................		0 gr. 0482
Acide phosphorique total dans les racines.......	51 kgr. 96	
— — dans les feuilles......	19 kgr. 28	
Acide phosphorique total...................	71 kgr. 24	

$$\text{Sucre total } \frac{60000 \text{ kgr.} \times 10.22}{100} = 6132 \text{ kgr.}$$

D'où acide phosphorique p. 100 *kgr. de sucre* = 1 **kgr.** 15.

La moyenne de tous ces résultats est de $1^{kgr},1$.

Ce chiffre, très rapproché de 1,18 à 1,20, confirme toutes les expériences, analyses et déductions de MM. Champion et Pellet.

Il est probable qu'en analysant le blé et en rapportant l'acide phosphorique total à 100 grammes d'amidon, on aurait un chiffre peu variable.

Un calcul approximatif nous a donné pour le blé : 100 kilogr. de blé (grain) contiennent : amidon et dextrine 67 p. 100, et 1,66 de cendres.

Or 100 kilogr. de cendres de blé renferment environ 50 kilogr. d'acide phosphorique; soit, acide phosphorique pour 100 kilogr. de grain : $0^{kgr},83$. La paille correspondant à 100 kilogr. de blé (grain) est d'environ :

250 kgr. donnant 4.25 de cendres p. 100, soit 10 gr. 62.
Cendres à 3.6 p. 100 d'acide phosphorique = 0 kgr. 38.
D'où acide phosphorique total = 0 kgr. 83 + 0.38 ou 1 kgr. 21
Si 67 kgr. (amidon et dextrine) = 1 kgr. 21 d'acide phosphorique,
100 kgr. = 1 kgr. 8

Relation entre l'azote et le sucre

La composition des végétaux au point de vue de l'azote est beaucoup plus variable qu'au point de vue de l'acide phosphorique et des alcalis totaux.

Dans les diverses expériences que nous avons eu l'occasion de faire, ainsi que d'après les calculs que nous avons appliqués aux essais que plusieurs savants ont publiés, nous avons trouvé que 100 kilogr. de sucre absorbaient dans le végétal complet (feuilles et racines) un poids de 3 à 4 kilogr. d'azote.

Mais dans quelques terrains peu chargés en azote, soit à l'état normal, soit par l'addition d'engrais peu azotés, nous avons trouvé une proportion minima de 2kgr,5 d'azote pour 100 de sucre.

Pour des sols fortement fumés ou contenant une dose normale d'azote très élevée, la relation de l'azote au sucre a été jusqu'à 6 et 7 kilogrammes.

Nous dirons que ces derniers chiffres sont rares et que la moyenne peut être comprise entre 3 et 4 kilogr. d'azote pour 100 kilogr. de sucre.

Dans la betterave l'azote contenu varie :

1° Avec la dose de l'azote pour 100 kilogr. de terre.

On constate que l'azote dans la racine est en relation directe avec le poids de l'azote existant dans le sol, et cela pour une richesse égale en sucre dans la betterave;

2° Qu'à dose égale d'azote dans le sol, la betterave riche contiendra plus d'azote que la racine pauvre, pour 100 grammes de matière normale [1].

Mais, d'un autre côté, si les racines sont peu serrées et l'azote en grand excès, la betterave sera pauvre et chargée d'azote.

Aussi, pour déterminer les quantités d'azote nécessaires à la formation de 100 kilogr. de sucre, doit-on éviter l'abus des engrais azotés dans le sol, et même les supprimer lors des expériences.

L'azote en effet, quelle que soit sa forme (nitrique ammoniacale, organique assimilable), est facilement absorbé par les plantes, non pas directement, surtout pour l'azote organique, mais après transformation en nitrate.

D'après les expériences de MM. Corenwinder et Pagnoul, il est parfaitement démontré aujourd'hui que les betteraves venues sur nitrate de potasse (2 à 400 kilogr. par hectare) contiennent souvent moins d'azote nitrique que les racines récoltées sur fumier sans nitrate.

Les cultivateurs allemands emploient des doses d'azote par hec-

1. Nous avons reconnu, M. Frémy et moi, que les betteraves pauvres en sucre renfermaient une proportion considérable de matières azotées: MM. Corenwinder, Pagnoul, Truchot, Lawes et Gilbert sont arrivés au même résultat; il n'y a pas cependant de contradiction entre le fait que nous avons constaté et celui qui a été annoncé, il y a déjà plusieurs années (1875) par MM. Champion et Pellet. En effet, les nombres que nous avons trouvés se rapportent à 100 de matière sèche, tandis que ces messieurs ont calculé sur la matière normale ; or les betteraves riches renfermant beaucoup moins d'eau que les betteraves pauvres, on comprend que les résultats soient absolument différents suivant le mode de calcul adopté.

P.-P. D.

tare bien inférieures à celles qui sont usitées en France. Aussi, une même nature de betterave, à richesse et à poids égal, recueillie en Allemagne, contient toujours moins d'azote total qu'en France.

Pour démontrer que les betteraves riches sont plus azotées que les betteraves pauvres mais normales, c'est-à-dire qui sont peu sucrées par défaut d'origine de la graine, du mode de culture, de l'absence d'alcalis, et non par excès d'azote, nous dirons que certaines betteraves Vilmorin, à 18 et 20 p. 100 de sucre, contiennent jusqu'à 0,35 et 0,50 d'azote pour 100 grammes de matière normale, tandis qu'une racine ordinaire à 10 p. 100 ne contiendra que 0,15 à 0,25. Cela se comprend aisément. Partant des idées que nous avons émises depuis le commencement de ce mémoire, nous pensons que 100 grammes de substance sèche doivent se former en entraînant la même dose d'azote. Or, dans une racine riche à 18 p. 100 de sucre, on trouve jusqu'à 30 p. 100 de matière sèche, tandis que la racine à 9 p. 100 de sucre ne laisse que 15 à 16 de résidu sec. Ou si nous supposons une composition identique de la matière sèche dans les deux cas, il est de toute évidence que la betterave à 30 p. 100 renfermera à l'état normal plus d'azote que la racine pauvre.

Mais, nous le répétons, on n'observe ces résultats que sur des racines venues sur un sol normal peu chargé en azote.

Pour résumer notre mémoire, nous disons donc :

1° Dans les plantes normales, l'azote et surtout les matières organiques varient peu pour un poids donné de matière sèche.

2° Certaines plantes admettent dans leur composition minérale certains éléments à l'exclusion d'autres, même lorsqu'elles sont cultivées sur des sols pourvus de ces substances minérales.

3° D'autres plantes, au contraire, contiennent la plupart des alcalis et admettent un certain échange entre les bases sans cesser d'être normales. Cet échange a lieu non poids par poids, mais équivalent par équivalent.

4° Quelquefois l'échange équivalent des bases dépasse la limite au delà de laquelle le végétal cesse d'être normal; mais on a des qualités et des rendements inférieurs.

5° On observe en général, pour le végétal complet, un rapport à peu près constant entre les diverses substances minérales et azotées et 100 kilogr. d'un produit spécial contenu en grande quantité. Par

exemple : entre le sucre et les cendres totales dans la betterave, entre l'amidon et les cendres totales dans le blé, etc.

6° L'azote total rapporté à 100 kilogr. de sucre varie plus que les matières minérales.

7° En dehors des substances minérales strictement nécessaires à la formation de 100 kilogr. de sucre ou d'amidon, il y a toujours une petite quantité de substances *dites accidentelles* absorbées par les racines, et dont le poids est variable suivant le sol, les plantes, etc.

8° L'acide phosphorique est un acide ayant une fonction spéciale dans la végétation et qui ne peut se remplacer. Il est constant.

De tout ce qui précède, au point de vue des engrais nécessaires aux plantes, il résulte un fait important. Nous voulons parler de l'*utilité de tel ou tel élément en agriculture.*

Prenons la betterave, par exemple :

L'acide phosphorique est sensiblement invariable, puisque 100 kilogr. de sucre entraînent environ 1 kilog. à 1^{kgr},2 d'acide phosphorique. Il ne peut se remplacer. Donc, en supposant un excès de toutes les autres matières fertilisantes (soude, chaux, azote, etc.), toutes les fois qu'il manquera dans le sol UN d'acide phosphorique, on empêchera la formation de 100 kilogr. de sucre.

Pour la potasse, au contraire, on a vu que 100 kilogr. de sucre enlèvent 5 à 6 kilogr. de cet alcali.

Donc, un kilogr. de potasse correspond à 16 ou 20 kilogr. de sucre. En somme, si 1 kilogr. de potasse fait défaut dans le sol, on n'aura que 16 à 20 kilogr. de sucre formés en moins. Et encore une partie de cet alcali, dans la betterave, pourra être remplacée par de la chaux, de la magnésie ou de la soude.

L'*utilité de l'acide phosphorique* est donc 5 à 6 fois plus grande que celle de la potasse, et cependant, là où il faut 200 à 300 kilogr. de potasse par hectare, on n'a besoin que de 40 à 60 kilogr. d'acide phosphorique.

L'ordre d'utilité n'est donc pas en rapport avec la quantité.

EXPÉRIENCES RELATIVES A LA CULTURE DE LA BETTERAVE

FAITES EN 1878 A LA STATION AGRICOLE DU PAS-DE-CALAIS

PAR

A. PAGNOUL.

Bien des questions sont encore à résoudre sur la culture de la betterave à sucre, et toutes ont une importance de premier ordre pour l'agriculture de nos régions du nord, dont la prospérité est intimement liée à celle de l'industrie sucrière. Les nombreux travaux qui ont été faits sur ce sujet ont déjà démontré certains principes qui aujourd'hui ne sont plus contestés, mais qui sont loin encore d'être mis suffisamment en pratique. On connaît l'influence de la graine; on sait que certaines variétés peuvent donner, même dans les mauvaises années comme 1878, un minimum de 11 à 12 p. 100 de sucre, avec des rendements de 50 000 kilogr.; que la betterave contient d'autant moins de sels qu'elle est plus riche en sucre, et que par conséquent les betteraves riches épuisent moins le sol que les betteraves pauvres. Cependant nos champs sont encore couverts de ces betteraves roses dégénérées qui n'ont donné cette année, dans notre département, qu'un rendement moyen de 45 000 kilogr., avec une densité qui souvent ne s'élève pas au degré 4, 5 et une proportion de sucre dont la moyenne est à peine de 9 p. 100. Il est bien démontré aujourd'hui que les betteraves plus rapprochées sont plus riches et donnent un plus fort rendement en poids, tout en prenant encore moins de matières salines à la terre; cette condition du rapprochement est même la plus importante après le choix de la graine; le placement des racines est néanmoins abandonné à la négligence ou à la mauvaise volonté d'ouvriers qui ont intérêt à en laisser le moins possible, et on voit encore des champs qui portent cinq betteraves au mètre carré, au lieu de dix qu'ils devraient contenir, sans compter les vides, qui donnent souvent lieu à des betteraves monstrueuses. Enfin il est reconnu que l'abus des engrais azotés nuit à la qualité de la racine, surtout lorsque ces engrais agissent à la fin de la végétation; or certains planteurs n'ont pas encore renoncé à cette pratique frauduleuse qui consiste à répandre clandestinement, pendant la nuit, du nitrate de soude sur

leurs betteraves, dans les mois de juillet, d'août et de septembre.

Il y a donc encore beaucoup à faire, non seulement pour découvrir et démontrer de nouveaux faits, mais pour faire accepter par la pratique ceux dont la vérité est bien établie, et qui malgré cela excitent souvent encore la méfiance de l'une des deux parties en présence, par cette seule raison qu'ils sont recommandés par l'autre.

La question relative à l'emploi des nitrates a été l'une des principales causes de division. Les cultivateurs en ont certainement abusé, et les fabricants, réagissant contre cet abus, se sont mis à proscrire d'une manière absolue l'usage de ces sels et par suite l'emploi des engrais chimiques, qui cependant paraissent être les plus favorables au développement de la richesse saccharine. Les expériences exécutées cette année à la station agricole d'Arras ont eu particulièrement en vue l'action des nitrates.

Parmi les différentes parcelles du champ d'expériences consacrées à la betterave, trois étaient destinées aux analyses qui ont été faites dans le courant de la végétation. Ces trois parcelles ont reçu les engrais suivants ramenés à l'hectare :

PARCELLE AU NITRATE	
Superphosphate de chaux	200 kilogr.
Nitrate de soude	800
Chlorure de potassium	100
PARCELLE AU SULFATE D'AMMONIAQUE.	
Superphosphate de chaux	200
Sulfate d'ammoniaque	600
Chlorure de potassium	100
PARCELLE AU TOURTEAU.	
Tourteau de colza	3.000

Le superphosphate n'a été introduit que dans la proportion de 200 kilogr. et aurait pu sans doute être entièrement supprimé, parce que la terre du champ en est exceptionnellement riche. La proportion moyenne d'acide phosphorique sur les terres du Pas-de-Calais parait être de 100 gr. par 100 kilogr., d'après un grand nombre d'analyses faites l'année dernière au laboratoire de la station, tandis que la terre du champ d'expériences en contient 600 grammes. Cette terre est cependant assez légère, elle renferme 15 p. 100 de calcaire et elle est assez pauvre en azote; elle appartient, dans la classification que nous avons adoptée, au sable argilo-calcaire.

On voit que la proportion d'azote introduite a été de 120 kilogr. pour chacune des deux premières parcelles; elle a été portée à 150 pour la troisième, parce que l'azote du tourteau peut n'être pas rendu complètement assimilable dès la première année.

Six essais ont été faits, dans le cours de la végétation, sur les racines et sur les feuilles de chaque parcelle; nous regrettons de n'avoir pu les entreprendre le même jour pour chacune, les comparaisons eussent été plus faciles; mais chaque essai exigeait trop de travail pour qu'il fût possible d'en effectuer trois simultanément.

Dans le tableau des résultats que nous donnons plus loin, nous avons inscrit, en tête de chaque colonne, la température moyenne pour le temps écoulé depuis la levée, c'est-à-dire depuis le premier mai ou dans l'intervalle de deux essais, la quantité moyenne de pluie tombée chaque jour, et un nombre qui représente approximativement l'intensité de la lumière. Ce dernier nombre résulte d'une simple évaluation obtenue en représentant l'état du ciel aux différentes heures du jour par un chiffre compris entre 0 et 10. On convient, pour les notations météorologiques, que 0 correspond à un ciel pur et sans nuages et 10 à un ciel sombre et entièrement couvert; les compléments de ces nombres représentent donc jusqu'à un certain point l'intensité de la lumière. C'est la moyenne de ces compléments qui se trouve inscrite sur les tableaux.

Chaque analyse a porté sur une dizaine de betteraves qui ont été complètement râpées. Le sucre est déterminé sur 10 gr. de pulpe, avec la liqueur cuivrique. Pour les cendres alcalines, 25 gr. de pulpe sont calcinés au rouge sombre, dans une capsule de platine; le résidu, traité par l'eau bouillante, est décanté dans un filtre placé sur une éprouvette de 125 cent. cubes; une nouvelle calcination donne immédiatement une cendre bien blanche qui est lavée de nouveau et jetée sur le filtre, et le volume de 125 est complété après refroidissement. 50 cent. cubes colorés avec quelques gouttes de tournesol et portés à l'ébullition sont neutralisés avec de l'acide sulfurique à $4^{gr},9$ par litre et le résultat traduit en carbonate de potasse. 50 cent. cubes sont introduits dans un vase à fond plat, additionnés de quelques gouttes d'acide azotique étendu, puis ramenés à la neutralité avec un peu de carbonate de chaux précipité, colorés avec huit gouttes de chromate de potasse et additionnés de nitrate d'argent titré jusqu'à commencement de coloration rouge. Le résultat est exprimé en chlorure de potassium.

PARCELLE AU NITRATE DE SOUDE.

	1.		2.		3.		4.		5.		6.	
Dates de l'arrachage	25 juin.		13 juillet.		25 juillet.		9 août.		26 août.		26 septembre.	
Nombre de jours écoulés	55		18		12		15		17		31	
Température moyenne	14.90		18.30		20.50		18.10		18.52		15.88	
Pluie moyenne	2.31		2.60		0.34		3.77		1.78		1.77	
Lumière	3.66		4.55		5.42		4.40		3.82		4.42	
COMPOSITION POUR 100												
	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.
Poids moyen	23	156	104	325	192	269	406	316	597	372	550	240
Densité du jus	3.7	2.2	5.2	2.6	6.4	3.4	6.2	3.8	6.1	4.3	6.6	3.1
Matière sèche	10.52	6.70	13.40	8.64	17.17	10.31	17.90	11.54	17.60	13.70	19.62	11.85
Sucre	5.38		9.59		12.19		12.50		11.63		13.70	
Carbonates alcalins	0.856	1.097	0.711	1.187	0.614	1.580	0.593	1.274	0.552	1.387	0.476	1.380
Chlorures alcalins	0.127	0.171	0.032	0.231	0.045	0.186	0.034	0.158	0.045	0.298	0.018	0.231
Total de ces sels	0.983	1.268	0.793	1.418	0.659	1.766	0.624	1.432	0.597	1.685	0.494	1.611
Total pour 100 de sucre	18.27		8.34		5.40		5.00		5.13		3.60	
Nitrate	0.433	0.402	0.193	0.292	0.047	0.042	0.036	0.036	0.003	0.006	0.029	0.023
Azote total	0.228	0.350	0.350	0.338	0.357	0.350	0.362	0.374	0.404	0.397	0.297	0.354
Acide phosphorique	0.124	0.077	0.105	0.060	0.129	0.080	0.124	0.001	0.096	0.090	0.076	0.055
POIDS A L'HECTARE EN KILOGR.												
Poids total	2300	15600	10400	32500	19200	26900	40600	31600	50700	37200	55000	24000
Matière sèche	242	1045	1394	2808	3297	2773	7267	3647	10507	5096	10791	2844
Sucre	124		988		2340	50	5075		6013		7535	
Carbonates alcalins	20	171	74	383	118	425	242	403	330	516	262	331
Chlorures alcalins	3	27	9	75	9	50	14	52	27	111	10	55
Total de ces sels	23	198	83	461	127	475	256	455	357	627	272	386
Nitrate	10	63	20	95	9	11	15	11	5	2	16	5
Azote total	5	56	36	110	68	95	147	119	241	148	163	84
Acide phosphorique	3	12	11	19	25	22	50	29	57	33	36	13
POIDS TOTAL A L'HECTARE (FEUILLES ET RACINES)												
Poids total	17900		42900		46100		72200		96900		79000	
Matière sèche	1287		4202		6070		10914		15603		13635	
Carbonates alcalins	191		460		543		645		846		593	
Chlorures alcalins	30		84		59		66		138		65	
Total de ces sels	221		544		602		711		984		658	
Nitrate	73		115		20		26		7		21	
Azote total	62		146		103		266		389		247	
Acide phosphorique	15		30		47		79		90		49	

PARCELLE AU SULFATE D'AMMONIAQUE.

	1.		2.		3.		4.		5.		6.	
Dates de l'arrachage	28 juin.		13 juillet.		30 juillet.		14 août.		3 septembre.		12 octobre.	
Nombre de jours écoulés	58		15		17		15		20		39	
Température moyenne	15.40		17.00		19.50		18.70		18.16		14.18	
Pluie moyenne	2.20		3.1		1.16		3.07		1.06		1.33	
Lumière	3.90		3.80		5.06		4.27		4.20		4.31	
COMPOSITION POUR 100												
	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.
Poids moyen	22	100	63	192	166	187	282	269	425	365	587	281
Densité du jus	4.0	2.3	5.1	2.7	6.1	3.6	6.2	3.7	6.0	4.0	6.8	3.1
Matière sèche	11.30	8.78	13.50	10.32	17.49	12.37	18.32	13.30	17.98	13.07	16.22	10.62
Sucre	7.52		10.10		11.90		12.19		11.63		13.33	
Carbonates alcalins	0.483	0.745	0.442	0.642	0.400	0.745	0.362	0.712	0.393	0.938	0.393	0.987
Chlorures alcalins	0.112	0.261	0.052	0.276	0.034	0.320	0.038	0.306	0.026	0.272	0.019	0.305
Total de ces sels	0.595	1.006	0.494	0.918	0.434	1.065	0.400	1.018	0.419	1.210	0.412	1.292
Total pour 100 de sucre	7.91		4.89		3.64		3.28		3.63		3.09	
Nitrate	0.227	0.189	0.092	0.136	0.018	0.027	0.014	0.028	0.021	0.055	0.016	0.040
Azote total	0.356	0.422	0.318	0.452	0.256	0.308	0.364	0.418	0.204	0.354	0.266	0.329
Acide phosphorique	0.117	0.094	0.100	0.060	0.102	0.093	0.098	0.081	0.098	0.032	0.072	0.080
POIDS A L'HECTARE EN KILOGR.												
Poids total	2200	10000	6300	19200	16600	18700	28200	26900	42500	36500	58700	28100
Matière sèche	249	878	850	1941	2903	2313	5166	3588	7641	4771	9521	2984
Sucre	165		636		1975		3438		4943		7825	
Carbonates alcalins	11	74	28	123	66	139	102	192	167	342	231	277
Chlorures alcalins	2	26	3	53	6	60	11	82	11	99	11	86
Total de ces sels	13	100	31	176	72	199	113	274	178	441	242	363
Nitrates	5	19	6	26	3	5	4	8	9	20	9	11
Azote total	8	42	20	87	42	58	103	112	87	123	156	92
Acide phosphorique	3	9	6	13	17	17	28	22	42	12	42	22
POIDS TOTAL A L'HECTARE (FEUILLES ET RACINES)												
Poids total	12.200		25.500		35.300		55.100		79.000		86.800	
Matière sèche	1.127		2.791		5.216		8.754		12.412		12.505	
Carbonates alcalins	85		151		205		294		509		508	
Chlorures alcalins	28		56		66		93		110		97	
Total de ces sels	113		207		271		387		619		605	
Nitrates	24		32		8		12		29		20	
Azote total	50		107		100		215		210		248	
Acide phosphorique	12		19		34		50		54		64	

PARCELLE AU TOURTEAU

	1.		2.		3.		4.		5.		6.	
Dates de l'arrachage	5 juillet.		20 juillet.		2 août.		19 août.		4 septembre.		14 octobre.	
Nombre de jours écoulés	65		15		13		17		16		40	
Température moyenne	15.60		17.60		19.51		18.74		18.82		13.88	
Pluie moyenne	2.58		0.40		1 65		3.04		2.20		1.34	
Lumière	3.90		4.50		4.84		4.47		4.19		4.27	
COMPOSITION POUR 100												
	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.
Poids moyen	67	176	155	210	235	223	430	346	505	266	776	383
Densité du jus	4.5	2.4	6.2	3.5	6.7	4.1	6.5	4.2	5.9	4.1	6.4	3.5
Matière sèche	13.26	10.47	16.75	10.83	18.87	13.09	17.46	12.32	18.07	12.41	18.45	13.00
Sucre	8.06		12.04		12.82		12.50		13.00		12.82	
Carbonates alcalins	0.628	1.035	0.504	1.173	0 497	1.476	0.478	1.224	0.407	1.049	0.441	1.070
Chlorures alcalins	0.030	0.111	0.015	0.067	0.029	0.089	0.026	0.078	0.023	0.139	0.022	0.224
Total de ces sels	0.658	1.146	0.519	1.240	0.526	1.565	0.504	1.302	0.430	1.188	0.463	1.294
Total pour 100 de sucre	8.16		4.31		4.10		4.03		3.31		3.61	
Nitrate	0.211	0.253	0.018	0.045	0.017	0.029	0.021	0.035	0.010	0.010	0.014	0.011
Azote total	0.344	0.532	0.253	0.361	0.341	0.342	0.232	0.348	0.212	0.382	0.226	0.344
Acide phosphorique	0.120	0.094	0.114	0.085	0.122	0.074	0.108	0.056	0.086	0.086	0.087	0.083
POIDS A L'HECTARE EN KILOGR.												
Poids total	6700	17600	15500	21000	23500	22300	43000	34600	50500	26600	77600	33300
Matière sèche	888	1843	2596	2274	4434	2919	7508	4263	9125	3301	14317	4329
Sucre	540		1866		3013		5375		6565		9948	
Carbonates alcalins	42	182	78	246	117	329	206	423	206	279	342	356
Chlorures alcalins	2	20	2	14	7	20	11	27	12	37	17	75
Total de ces sels	44	202	80	260	124	349	217	450	218	316	359	431
Nitrate	14	45	3	9	4	6	9	12	8	3	11	4
Azote total	23	94	39	76	80	76	124	120	107	102	175	114
Acide phosphorique	8	17	18	18	29	7	46	19	43	23	68	28
POIDS TOTAL A L'HECTARE (FEUILLES ET RACINES)												
Poids total	24300		36500		45800		77600		77100		110000	
Matière sèche	2731		4870		7353		11771		12426		18646	
Carbonates alcalins	224		324		446		629		485		698	
Chlorures alcalins	22		16		27		38		49		92	
Total de ces sels	246		340		473		667		534		790	
Nitrate	59		12		10		21		11		15	
Azote total	117		115		156		244		209		289	
Acide phosphorique	25		36		36		65		66		96	

Pour le dosage du nitrate nous opérons sur 100 cent. cubes de jus additionnés de 70 cent. cubes d'une dissolution saturée de prochlorure de fer et de 50 cent. cubes d'acide chlorhydrique. Le tout est introduit dans un ballon mis en communication, d'une part avec un appareil générateur d'acide carbonique et d'une autre part avec l'appareil décrit dans le Bulletin de la station pour l'année 1877. On fait passer un courant d'acide carbonique, jusqu'à ce qu'il ne reste plus de traces d'air, ce qu'il est facile de constater avec l'appareil indiqué, puis on porte à l'ébullition jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de dégagement, et on fait passer un nouveau courant d'acide carbonique. On déduit du bioxide d'azote obtenu le poids du nitrate par décilitre de jus et par suite pour 100, poids de betteraves, en tenant compte de la densité du jus et en admettant, dans la betterave, 4 p. 100 de matières insolubles.

L'azote total a été déterminé sur la matière sèche, avec l'oxyde de cuivre. M. Pellet recommande pour ce dosage l'emploi de la chaux sodée qui, d'après ses expériences, permettrait de doser même l'azote nitrique, et il reproche, peut-être avec raison, à l'oxyde de cuivre de donner des résultats un peu forts. Cependant je n'étais pas encore assez sûr des résultats obtenus avec la chaux sodée pour la recherche de l'azote total, et ayant d'ailleurs commencé ce travail avec l'oxyde de cuivre, j'ai dû continuer par ce procédé, malgré la longueur des opérations.

L'acide phosphorique a été déterminé sur les cendres de 50 gr. par la méthode de M. Joulie, c'est-à-dire en précipitant par la liqueur citro-magnésienne et dosant ensuite avec le sel d'urane.

Les tableaux précédents donnent d'abord la composition de la betterave, puis le poids des racines, des feuilles et des substances qu'elles ont assimilées, rapportés à l'hectare. Les plantes ont été mises en lignes distantes de 40 cent. et laissées sur la ligne à 25 cent. l'une de l'autre. Leur nombre était donc de 10 au mètre carré ou de 100 000 à l'hectare. J'ai donc obtenu le rendement en multipliant par 100 000 le poids de la racine et celui des feuilles, et j'en ai déduit le poids à l'hectare du sucre, des sels, de l'azote et de l'acide phosphorique. Enfin il m'a paru utile de réunir dans un troisième tableau les poids de ces diverses substances pour la plante entière, feuilles et racines.

On comprend qu'il est absolument impossible d'opérer sur des betteraves qui représentent exactement le poids moyen de toute la

parcelle; cependant nous voyons que le poids des racines récoltées va en croissant assez régulièrement, sauf pour le dernier essai fait sur la parcelle au nitrate, qui a donné un poids moyen inférieur au précédent et a porté par conséquent sur des échantillons qui ne pouvaient être considérés comme représentant une moyenne.

Voici les résultats sur lesquels nous croyons devoir particulièrement appeler l'attention.

Le poids des feuilles, après la levée, est cinq ou six fois plus fort que celui de la racine, puis ce rapport décroît; il y a égalité entre les deux poids vers le mois de juillet; ensuite la racine continue à croître, tandis que le poids des feuilles reste à peu près stationnaire, de telle sorte qu'à la récolte le poids de la racine est devenu presque double de celui des feuilles. La proportion de sucre augmente rapidement jusqu'à la fin de juillet et elle reste à peu près la même à partir de cette époque. Il paraît donc y avoir deux périodes distinctes dans la vie de la plante. Dans la première, la grande prédominance des feuilles sur la racine donne lieu à une production de sucre qui croît plus vite que la racine elle-même, de sorte que celle-ci s'enrichit. Vers la fin de juillet, une sorte d'équilibre se trouve établi; il n'y a plus qu'un faible accroissement dans le poids des feuilles, qui décroît même en septembre lorsque quelques feuilles du bas commencent à jaunir; aussi la formation du sucre et le développement de la racine ont lieu alors parallèlement, en restant entr'eux dans un rapport à peu près constant dont les deux termes ne dépendent plus que des conditions dans lesquelles se trouve la plante. Elle s'appauvrit alors si, par l'influence de la chaleur, de l'humidité et des engrais, son développement général devient plus rapide que la production de sucre; elle s'enrichit, au contraire, si un temps plus sec et peut-être une plus grande abondance de lumière favorise davantage la formation du sucre.

Comme l'a établi M. Dehérain, la betterave, au milieu des circonstances qui peuvent modifier sa nature et sa composition, conserve toujours quelque chose de ses qualités génériques. Les phénomènes de la première période dépendent surtout des qualités qui lui sont propres et qui la rendent plus ou moins apte au développement des feuilles et du tissu fibreux et par suite à la production du sucre. Ils dépendent aussi des engrais, qui favorisent davantage ce développement lorsqu'ils sont d'une assimilation rapide. Les phénomènes de la seconde période doivent être surtout influencés

par les phénomènes météorologiques et l'assimilation tardive des engrais.

Relativement à l'action des nitrates, nous ferons remarquer que dans les premières analyses, faites à la fin de juin ou au commencement de juillet, la proportion de ces sels, dans les racines, était de 0,433 sur la parcelle au nitrate et seulement de 0,227 et de 0,211 sur les deux autres, résultat qu'il était facile de prévoir. Cependant les deux derniers nombres prouvent que la plante peut encore absorber une proportion assez forte de ces sels, même sur les terres qui n'en ont pas reçu.

Mais le fait qui nous a paru le plus important à signaler est la décroissance rapide des nitrates dans la racine et dans les feuilles, en considérant non seulement leur proportion relative, mais même leur poids absolu, rapporté à l'hectare. Ainsi, sur la parcelle au nitrate, la racine contient pour 100, le 25 juin, 0,433 de ce sel; elle n'en renferme plus que 0,193 le 13 juillet, 0,047 le 25 juillét et 0,008 le 26 août. Cette même décroissance a lieu sur les deux autres parcelles. Les résultats sont à peu près les mêmes pour les feuilles. Quant au poids à l'hectare, il paraît augmenter jusqu'au milieu de juillet, c'est-à-dire dans la première période de la végétation, et il décroît ensuite malgré le développement rapide de la betterave. Le nitrate absorbé doit donc être décomposé dans le travail physiologique de la plante, pour lui fournir les principes azotés nécessaires à son développement.

Cette décroissance a surtout été rapide, sur la parcelle au nitrate, entre le 13 et le 25 juillet. Or, pendant cette période, le temps a été très sec, la température moyenne très-élevée et la lumière abondante; l'absorption des nitrates a donc dû cesser ou se ralentir beaucoup, tandis que les circonstances étaient favorables à l'élaboration du sucre. Nous voyons en effet que la proportion des nitrates, à l'hectare, descend de 115 à 20 kilogr., tandis que celle du sucre s'accroît de 9,50 à 12,19 p. 100 de betteraves, ou, par hectare, de 988 à 2 340 kilogr. Dans cette même période les deux autres parcelles présentent des variations dans le même sens : le sucre augmente, les nitrates diminuent.

Nous verrons tout à l'heure que les betteraves cultivées sur fumier seul peuvent contenir d'énormes quantités de nitrate au moment de la récolte, ce qui indique qu'un travail de nitrification s'opère dans les mois d'août et de septembre, aux dépens des ma-

tières organiques du fumier. Les betteraves sur tourteaux ne nous ont pas présenté ce caractère d'une manière aussi sensible ; le tourteau serait donc un engrais plus favorable que le fumier à la qualité de la betterave.

Les carbonates alcalins trouvés dans les cendres et qui représentent les sels à acides organiques existant dans la plante sont toujours plus abondants dans les feuilles que dans la racine; mais tandis qu'ils vont en décroissant d'une manière presque régulière dans la racine, ils vont plutôt en croissant dans les feuilles, de telle sorte que ces dernières, qui n'en renferment pas le double au commencement, en contiennent près du triple à la fin, et, malgré le développement beaucoup plus rapide de la racine dans les derniers mois, on trouve toujours jusqu'à la fin, sur un hectare de terre, un total de sels alcalins plus grand dans les feuilles que dans les racines. La proportion d'azote est aussi un peu plus grande dans les feuilles que dans la racine, mais la différence n'est pas accentuée comme pour les sels alcalins. L'acide phosphorique, au contraire, a toujours été trouvé plus abondant dans les racines.

M. Kellermann cite le même résultat pour la pomme de terre, dans un mémoire dont le dernier numéro des *Annales* renferme le compte rendu; les feuilles étaient les organes les plus riches en azote et les plus pauvres en acide phosphorique.

Pour reconnaître l'influence des engrais azotés ajoutés tardivement, une ligne de la parcelle au nitrate a été arrosée plusieurs fois avec une dissolution de ce sel, dans le courant du mois d'août. Voici les résultats qu'elle a donnés le 3 octobre :

	COMPOSITION POUR 100		POIDS A L'HECTARE en kilogr.		POIDS TOTAL à l'hectare, feuilles et racines.
	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.	
Poids	780 gr.	31 gr.	78 000	43 100	121 100
Densité du jus	6.0				
Matière sèche	17.19	10.43	13 408	4 495	17 903
Sucre	11.76		9 173		
Carbonates alcalins	0.676	1.414	527.28	609.43	1136.71
Chlorures alcalins	0.056	0.250	41.68	107.75	149.43
Total de ces sels	0.732	1.664	568.96	717.18	1286.14
Total de ces sels pour 100 de sucre	6.22				
Nitrate	0.072	0.132	56.16	56.89	113.05
Azote total	0.386	0.405	301.08	174.56	475.64
Acide phosphorique	0.093	0.70	72.24	30.17	102.71

En comparant ces résultats avec ceux qu'ont donnés les betteraves de la même parcelle, mais sans arrosages, on voit que l'influence du nitrate n'a que peu diminué la richesse; mais il est probable que cette influence aurait été plus sensible sur la betterave ordinaire du pays, dans laquelle le tissu cellulaire a plus de tendance à s'accroître.

Le poids moyen de la racine n'atteint pas encore 1 kilogr.; cependant son accroissement a été assez grand pour porter de 7 à 9000 kilogr. le sucre par hectare. Quant à la proportion des sels, carbonates alcalins et nitrates, elle est augmentée dans une forte proportion qui, en rapportant le poids à l'hectare, se trouve doublée pour les carbonates et quintuplée pour les nitrates.

Une ligne a été aussi arrosée au sulfate d'ammoniaque sur la pièce qui avait reçu ce sel, mais les analyses ont été moins complètes et l'arrachage n'a eu lieu que le 9 novembre, ce qui rend les comparaisons plus difficiles. Nous donnons cependant les résultats obtenus :

Poids moyen	1450 gr.
Densité du jus	6,1
Sucre	12,19
Carbonates alcalins	0,593
Chlorures alcalins	0,052
Total de ces sels	0,645
Total pour 100 de sucre	5,29
Nitrate	0,078

Ces betteraves ont, comme on le voit, considérablement grossi depuis le dernier arrachage, qui avait eu lieu le 12 octobre; mais cet accroissement ne peut être attribué exclusivement à l'influence du sel ammoniacal, attendu que la ligne arrachée se trouvait isolée et que les racines auraient dû grossir par le seul fait de cet isolement. Il importe cependant de remarquer que la proportion des sels alcalins est devenue beaucoup plus forte et que celle des nitrates a presque quintuplé, quoique le sel employé fût du sulfate d'ammoniaque.

Voici encore les résultats obtenus sur cinq parcelles dont les trois premières ont reçu les engrais au nitrate, au sulfate d'ammoniaque et au tourteau, suivant les formules données plus haut, et dont les deux autres ont reçu des betteraves, sans interruption, depuis neuf ans, la première avec engrais chimique complet et la seconde sans aucun engrais. L'engrais reçu par la première de ces deux parcelles avait la composition suivante :

Superphosphate de chaux........................	500 kilogr.
Nitrate de soude................................	400
Nitrate de potasse..............................	300
Sulfate d'ammoniaque...........................	100
Chlorure de potassium..........................	100

L'arrachage a eu lieu sur ces cinq parcelles le 31 octobre, de sorte que les résultats sont facilement comparables :

	PARCELLE au nitrate de soude.	PARCELLE au sulfate d'ammoniaque.	PARCELLE au tourteau.	ENGRAIS chimique 9e année.	AUCUN engrais 9e année.
Poids moyen...............	820 gr.	731 gr.	970 gr.	548 gr.	225 gr.
Densité du jus.............	6.5	6.5	6.2	6.9	6.7
Sucre pour 100 de betterave.	13.51	13.89	12.34	14.29	13.89
Carbonates alcalins.........	0.380	0.386	0.607	0.393	0.324
Chlorures alcalins..........	0.022	0.022	0.048	0.025	0.022
Total de ces sels...........	0.402	0.408	0.655	0.418	0.346
Total pour 100 de sucre....	2.97	2.93	5.31	2.92	2.48
Nitrate.....................	0.042		0.110		

Le nombre qui représente dans ces tableaux le poids moyen de la betterave représente aussi le rendement exprimé en quintaux, puisque le nombre des plantes est de 100 000 à l'hectare. On voit donc, en comparant ces tableaux avec les précédents, que la betterave a encore augmenté de poids, d'une manière très sensible, dans le courant d'octobre, sans cependant s'appauvrir. Elle s'est même plutôt améliorée sur les parcelles à engrais chimiques, comme l'indique la diminution des sels rapportés à 100 poids de sucre. La qualité s'est au contraire abaissée sur la parcelle au tourteau, d'après la quantité de sels beaucoup plus forte que l'on y trouve. Il faut noter aussi que cette dernière parcelle a donné beaucoup plus de nitrate dans les racines que celle qui avait reçu cet engrais lui-même.

Les rendements obtenus sur les parcelles qui ont reçu des betteraves depuis neuf ans ont été de 54 800 kilogr. pour celle qui a été cultivée avec engrais chimiques seuls, et de 22 500 kilogr. pour celle qui n'a recu aucun engrais depuis l'origine des expériences. J'appellerai surtout l'attention sur ce fait, qu'en comparant les résultats obtenus sur toutes les parcelles du champ, on trouve que c'est précisément celle sur laquelle toute espèce d'engrais organique a été rigoureusement exclu depuis neuf ans qui a donné la richesse la plus grande et le moins de matières salines pour 100 de sucre.

Trois parcelles ayant reçu les mêmes engrais ont été cultivées sur billons distants de 0m,80, en laissant les racines à 0m,16 ou 0m,17 de distance. L'arrachage a eu lieu le 14 octobre. Voici les résultats obtenus :

	PARCELLE au nitrate de soude.	PARCELLE au sulfate d'ammoniaque.	PARCELLE au tourteau.
Poids	884 gr.	617 gr.	1000 gr.
Densité du jus	6.3	6.8	6.3
Sucre pour 100 de betteraves	11.63	13.89	11.36
Carbonates alcalins	0.538	0.435	0.759
Chlorures alcalins	0.061	0.025	0.097
Total de ces sels	0.599	0.460	0.856
Total pour 100 de sucre	5.15	3.31	7.53
Rendement à l'hectare	66300 kgr.	46280 kgr.	75000 kgr.

La levée s'était faite assez mal sur ces trois parcelles, mais la végétation est devenue extrêmement abondante, et les feuilles se sont développées avec une grande vigueur à la fin de septembre et dans la première quinzaine d'octobre, surtout sur la parcelle au tourteau. Le poids de la racine est plus fort que sur les parcelles cultivées à plat, excepté avec le sulfate d'ammoniaque, quoique l'arrachage ait eu lieu quinze jours plus tôt; cependant le rendement est beaucoup plus faible. C'est qu'en effet, tout en rapprochant les betteraves sur la ligne, on ne peut, avec des billons distants de 0m,80 obtenir 100 000 pieds à l'hectare ; le nombre n'en est que de 75 000 en admettant une distance de 0m,16 ou 0m,17 sur la ligne; donc, avec des racines de même poids, le rendement ne serait que les trois quarts de ce que donnerait une culture à plat. La richesse en sucre et la qualité sont aussi beaucoup moindres, sauf sur la parcelle au sulfate d'ammoniaque; avec le tourteau la proportion des sels pour 100 de sucre s'élève à 7,33.

On pourrait considérer le grand développement des feuilles qui s'est manifesté en septembre et octobre sur cette dernière parcelle comme ayant dû être favorable à la production du sucre; mais d'après les idées émises par M. Corenwinder, l'effeuillage nuit à la richesse de la plante, non seulement parce qu'il supprime les organes producteurs du sucre, mais aussi parce qu'il provoque la formation de nouvelles feuilles qui absorbent d'abord pour se développer une partie du sucre produit; or un développement tardif des feuilles

PARCELLE AU NITRATE DE SOUDE.

	1.		2.		3.		4.		5.		6.	
Dates de l'arrachage	25 juin.		13 juillet.		25 juillet.		9 août.		26 août.		26 septembre.	
Nombre de jours écoulés	55		18		12		15		17		31	
Température moyenne	14.90		18.30		20.50		18.19		18.52		15.88	
Pluie moyenne	2.31		2.60		0.34		3.77		1.78		1.77	
Lumière	3.66		4.55		5.42		4.40		3.82		4.42	
COMPOSITION POUR 100												
	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.
Poids moyen	93	156	101	325	192	269	406	316	597	372	550	240
Densité du jus	3.7	2.2	5.2	2.6	6.4	3.4	6.2	3.8	6.1	4.3	6.6	3.1
Matière sèche	10.52	6.70	13.40	8.64	17.17	10.31	17.90	11.54	17.60	13.70	19.02	11.85
Sucre	5.33		9.59		12.19		12.50		11.63		13.70	
Carbonates alcalins	0.856	1.097	0.711	1.187	0.614	1.580	0.593	1.274	0.552	1.387	0.476	1.380
Chlorures alcalins	0.127	0.171	0.082	0.231	0.045	0.186	0.034	0.158	0.045	0.298	0.018	0.231
Total de ces sels	0.983	1.268	0.793	1.418	0.659	1.766	0.624	1.432	0.597	1.685	0.494	1.611
Total pour 100 de sucre	18.27		8.34		5.40		5.00		5.13		3.60	
Nitrate	0.433	0.402	0.193	0.292	0.047	0.042	0.036	0.036	0.003	0.006	0.029	0.023
Azote total	0.223	0.350	0.350	0.338	0.357	0.350	0.362	0.374	0.401	0.397	0.297	0.354
Acide phosphorique	0.124	0.077	0.105	0.060	0.129	0.080	0.124	0.091	0.096	0.090	0.0[illegible]6	0.055
POIDS A L'HECTARE EN KILOGR.												
Poids total	2300	15600	10400	32500	19200	26900	40600	31600	50700	37200	55000	24000
Matière sèche	242	1045	1394	2808	3297	2773	7267	3647	10507	5096	10791	2844
Sucre	124		988		2340	50	5075		6913		7535	
Carbonates alcalins	20	171	74	38[illegible]	118	425	242	403	330	516	262	331
Chlorures alcalins	3	27	9	75	9	50	14	52	27	111	10	55
Total de ces sels	23	198	83	461	127	475	256	455	357	627	272	386
Nitrate	10	63	20	95	9	11	15	11	5	2	16	5
Azote total	5	56	36	110	68	95	147	119	241	148	163	84
Acide phosphorique	3	12	11	19	25	22	50	29	57	33	36	13
POIDS TOTAL A L'HECTARE (FEUILLES ET RACINES)												
Poids total	17900		42000		46100		72200		96900		79000	
Matière sèche	1287		4202		6070		10914		15603		13635	
Carbonates alcalins	191		460		543		645		846		593	
Chlorures alcalins	30		84		50		66		138		65	
Total de ces sels	221		544		602		711		984		658	
Nitrate	73		115		20		26		7		21	
Azote total	62		146		163		266		389		247	
Acide phosphorique	15		30		47		79		90		49	

PARCELLE AU SULFATE D'AMMONIAQUE.

	1.		2.		3.		4.		5.		6.	
Dates de l'arrachage	28 juin.		13 juillet.		30 juillet.		14 août.		3 septembre.		12 octobre.	
Nombre de jours écoulés	58		15		17		15		20		39	
Température moyenne	15.40		17.00		19.50		18.70		18.16		14.18	
Pluie moyenne	2.20		3.1		1.16		3.07		1.06		1.33	
Lumière	3.90		3.80		5.06		4.27		4.20		4.31	
COMPOSITION POUR 100												
	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.	racines.	feuilles.
Poids moyen	22	100	63	192	106	187	282	269	425	365	587	281
Densité du jus	4.0	2.3	5.1	2.7	6.1	3.6	6.2	3.7	6.0	4.0	6.8	3.1
Matière sèche	11.30	8.78	13.50	10.32	17.40	12.37	18.32	13.30	17.98	13.07	16.22	10.62
Sucre	7.52		10.10		11.90		12.19		11.63		13.33	
Carbonates alcalins	0.483	0.745	0.442	0.642	0.400	0.745	0.362	0.712	0.393	0.938	0.393	0.987
Chlorures alcalins	0.112	0.261	0.052	0.276	0.034	0.320	0.038	0.306	0.026	0.272	0.019	0.305
Total de ces sels	0.595	1.006	0.494	0.918	0.434	1.065	0.400	1.018	0.419	1.210	0.412	1.292
Total pour 100 de sucre	7.91		4.89		3.64		3.28		3.63		3.09	
Nitrate	0.227	0.189	0.092	0.136	0.018	0.027	0.014	0.028	0.021	0.055	0.016	0.040
Azote total	0.356	0.422	0.318	0.452	0.256	0.308	0.364	0.418	0.204	0.354	0.266	0.329
Acide phosphorique	0.117	0.094	0.100	0.069	0.102	0.093	0.098	0.081	0.098	0.032	0.072	0.080
POIDS A L'HECTARE EN KILOGR.												
Poids total	2200	10000	6300	19200	16600	18700	28200	26900	42500	36500	58700	28100
Matière sèche	249	878	850	1941	2903	2313	5166	3588	7641	4771	9521	2984
Sucre	165		636		1975		3438		4943		7825	
Carbonates alcalins	11	74	28	123	66	139	102	192	167	342	231	277
Chlorures alcalins	2	26	3	53	6	60	11	82	11	99	11	86
Total de ces sels	13	100	31	176	72	199	113	274	178	441	242	363
Nitrates	5	19	6	26	3	5	4	8	9	20	9	11
Azote total	8	42	20.	87	42	58	103	112	87	123	156	92
Acide phosphorique	3	9	6	13	17	17	28	22	42	12	42	22
POIDS TOTAL A L'HECTARE (FEUILLES ET RACINES)												
Poids total	12.200		25.500		35.300		55.100		79.000		86.800	
Matière sèche	1.127		2.791		5.216		8.754		12.412		12.505	
Carbonates alcalins	85		151		205		294		509		508	
Chlorures alcalins	28		56		66		93		110		97	
Total de ces sels	113		207		271		387		619		605	
Nitrates	24		32		8		12		29		20	
Azote total	50		107		100		215		210		248	
Acide phosphorique	12		19		34		50		54		64	

Le premier tableau renferme les analyses qui ont été faites en opérant sur le jus, avec le saccharimètre; le second, celles qui ont été faites avec la liqueur cuivrique, en opérant sur la betterave elle-même.

SUR LES VOLUMES D'OXYGÈNE ABSORBÉ ET D'ACIDE CARBONIQUE ÉMIS DANS LA RESPIRATION VÉGÉTALE

PAR

M. H. MOISSAN
Licencié ès sciences, attaché au laboratoire de culture du Muséum d'histoire naturelle, répétiteur de physique à l'Institut agronomique.

HISTORIQUE.

Dans ses recherches chimiques sur la végétation[1], de Saussure, traitant des modifications qu'éprouve le gaz oxygène par son contact avec les feuilles, s'exprime ainsi : Les feuilles du chêne (*quercus robur*), du marronnier d'Inde, du faux acacia, du *sedum reflexum* et de la plupart des végétaux, diminuent le volume de leur atmosphère. Son gaz oxygène disparaît et il se forme un volume de gaz acide carbonique libre inférieur au volume du gaz oxygène consumé pendant l'expérience.

M. Lory tire de ses recherches sur la respiration des orobanches[2] la conclusion suivante. La somme de l'oxygène et de l'acide carbonique reste à très peu de chose près invariable; toutefois il y a presque toujours une petite différence en moins. M. Lory expérimentait sur des volumes de gaz assez grands par rapport au poids de la plante mise en expérience.

MM. Oudemans et Rauvenhoff[3], dans leur étude sur la germination, ont exprimé une opinion semblable : il n'y a pas de rapport simple entre la quantité d'acide carbonique dégagé (en vase clos) et celle d'oxygène absorbé. Au commencement, il y a plus d'oxygène absorbé que d'acide carbonique exhalé; plus tard, c'est l'inverse qui a lieu.

1. De Saussure, *Recherches chimiques sur la végétation*, p. 61.
2. Lory, *Respiration et structure des orobanches*. (*Ann. sciences nat.*, 3e série; 1847, t. VIII, p. 158.)
3. Oudemans et Rauvenhoff, *Linnæa*, XIV, 2e livraison, 1859; p. 213-232.

Plus récemment MM. Dehérain et Landrin [1], dans leurs recherches sur la germination, ont démontré qu'il y avait en effet diminution de volume dès le commencement de la germination, et que l'oxygène disparu surpassait toujours l'acide carbonique dégagé.

M. Borodin [2] a aussi remarqué que si on laisse séjourner un pois ou un haricot dans une atmosphère confinée, et si l'on compare le volume du gaz au commencement et à la fin de l'expérience, on constate presque toujours, tant qu'il reste de l'oxygène libre, une petite diminution de volume.

Bien que nous n'établissions pas de comparaison entre le dégagement d'acide carbonique qui se produit au moment de la germination et celui qui provient de la respiration normale des végétaux adultes, nous ne pouvons nous empêcher de remarquer, dans ces deux cas, une différence certaine entre les volumes d'oxygène absorbé et d'acide carbonique produit, ce dernier corps étant le plus souvent en moindre proportion.

Dans la respiration végétale, le rapport des deux gaz est-il constant ? Quelles sont les causes qui le font varier ? Peut-on, par l'étude de ces échanges gazeux, essayer d'expliquer la formation de certains principes immédiats ? Telles ont été les idées qui nous ont amené à continuer les recherches qui, commencées il y a plusieurs années par M. Dehérain et nous, ont été poursuivies depuis cette époque au laboratoire de culture du Muséum, où MM. Decaisne et Dehérain n'ont cessé de nous prodiguer leurs bienveillants conseils.

Dans un travail inséré en 1874 aux *Annales des sciences naturelles* [3], M. Dehérain et l'auteur de ce mémoire avaient particulièrement étudié la respiration des feuilles. Outre l'action énergique, déjà observée par M. Garreau, que produit la chaleur obscure sur l'intensité de la respiration, nous avions été amené dans nos conclusions à formuler l'opinion suivante : la quantité d'oxygène absorbée par les feuilles surpasse la quantité d'acide carbonique produite. La différence est surtout sensible aux basses températures. Et en nous appuyant sur ces expériences, nous avions été conduits à penser qu'une partie de l'oxygène absorbé pouvait, réagissant sur

1. Dehérain et Landrin, Comptes rendus; t. LXXVIII, p. 1488, et *Ann. sciences nat.*, t. XIX, p. 358.
2. Borodin, Congrès botanique international de Florence.
3. P.-P. Dehérain et H. Moissan, *Ann. sciences nat.* (botanique) 5e série, t. XIX.

les hydrates de carbone, donner des produits d'oxydation inférieure, tels que les acides oxalique, malique, tartrique, etc..

On peut en effet considérer les acides végétaux comme venant de deux sources, soit d'une combinaison de l'eau avec les corps tels que l'acide carbonique ou l'oxyde de carbone, soit d'une oxydation des hydrates de carbone. Dans ses beaux travaux de synthèse M. Berthelot a produit l'acide formique en faisant réagir, à 100 degrés, l'oxyde de carbone sur une solution aqueuse de potasse. On comprend qu'une réaction analogue produise, par l'union de l'eau et de l'oxyde de carbone les petites quantités d'acide formique qui se rencontrent dans certains végétaux.

Mais nous pensons que la formation des acides est liée plus particulièrement à l'oxydation des hydrates de carbone. Le volume d'oxygène fixé dans la feuille par le phénomène de la respiration étant, dans certaines conditions, plus grand que celui de l'acide carbonique émis, et ce dernier gaz ne contenant en oxygène que son propre volume, l'excès d'oxygène peut avoir agi sur les corps tels que le sucre, l'amidon, les celluloses, et avoir donné naissance à des produits acides. On sait en effet que le sucre, par une oxydation ménagée, peut produire l'acide oxalique; que l'amidon, sous l'action d'un mélange de bioxyde de manganèse et d'acide sulfurique, peut donner naissance à l'acide formique.

Lorsque la température s'abaisse, le volume d'oxygène absorbé surpasse celui de l'acide carbonique émis, et nous remarquons justement que certaines plantes, la vigne par exemple, donne dans le nord des produits plus riches en acides végétaux que dans le midi, où elle reçoit une somme de chaleur beaucoup plus grande.

A la température ordinaire, le *cactus opuntia* absorbe plus d'oxygène qu'il n'émet d'acide carbonique. Quelquefois même l'émission d'acide carbonique devient si faible qu'elle peut à peine être décelée. Ce fait avait déjà été remarqué par Saussure. Or le cactus renferme parfois, d'après M. Payen, jusqu'à 70 p. 100 de son poids sec en oxalate de chaux.

Si la complication des réactions chimiques qui se passent dans les cellules végétales n'était pas aussi grande, nous pourrions comparer ce phénomène à l'oxydation de l'alcool : si on brûle complètement ce corps, on obtient de l'acide carbonique et de l'eau; si on l'oxyde sous l'influence de la mousse de platine, on obtient de l'acide acétique.

Il est à remarquer, en effet, que l'oxygène non employé à la formation de l'acide carbonique ne peut être éliminé sous forme de vapeur d'eau, car si la combustion interne dépend surtout de la chaleur obscure, l'évaporation de l'eau, au contraire, ne se produit avec abondance que sous l'influence des radiations lumineuses[1]. »

Pour donner une idée de l'excès d'oxygène qui peut ainsi être fixé dans un végétal par le seul fait de la respiration, nous transcrirons ici quelques expériences tirées du mémoire dont nous avons parlé précédemment.

TABLEAU N° 1.

NUMÉROS D'ORDRE.	TEMPÉRATURES.	DURÉE en heures.	VOLUME d'air primitif.	VOLUME d'air final.	ACIDE carbonique produit.	OXYGÈNE absorbé.
			PINUS PINASTER 30 gr.			
1	0°	24	191.37	185.96	3.90	7.77
2	0°	114	191.37	182.26	27.33	39.80
3	13°	22	187.07	185.98	20.48	26.31
4	13°	47	189.11	186.60	35.24	38.53
5	15°	5	188.12	188.12	8.62	10.13
6	15°	18	188.12	179 69	18.56	33.93
			AGAVE AMERICANA 70 gr.			
7	0°	47	550.00	550.00	»	»
8	11°	90	524.19	522.64	32.26	48 81
9	40°	5	517.85	512.10	24.50	27.83
			AGAVE MICRACANTHA 55 gr.			
10	0°	48	780.00	780.00	»	»
11	11°	90	791.05	791.17	27.28	41.77

On remarque, dans toutes les expériences exécutées sur le pin maritime, à des températures comprises entre 0 et 15 degrés, que le volume de l'oxygène absorbé est toujours supérieur à celui de l'acide carbonique émis. Cette différence est encore plus sensible lorsque l'on opère sur les agaves ; on voit qu'une feuille d'*agave*

1. P.-P. Dehérain : *Sur l'évaporation de l'eau et la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles des végétaux*. Comptes rendus, 1869, t. LXIX, p. 381, et *Ann. de chimie et de physique*, 1869, t. XX, p. 228.

americana, qui à 0° ne dégage pas des quantités appréciables d'acide carbonique, fournit à la température de 11°, en 90 heures, 32cc, 26 d'acide carbonique et prend 48cc, 81 d'oxygène. Mais, chose curieuse, la différence entre les deux volumes de gaz n'est plus la même lorsque la température s'élève. Ainsi à 40°, pour la même feuille d'agave, les quantités d'acide carbonique et d'oxygène sont presque égales. Si nous divisons le volume de l'acide carbonique par celui de l'oxygène, l'expérience n° 8, faite à 11°, nous fournit le rapport 0,66; à 40°, ce rapport n'est plus que 0,88. Nous reviendrons plus loin sur ce fait intéressant.

La différence de ces rapports nous a donc amenés à penser que ce sujet méritait de nouvelles recherches, et nous avons entrepris le travail actuel.

Nous avons divisé notre mémoire en deux séries d'expériences. Dans la première, nous avons tenu à vérifier si cette action de la chaleur obscure sur la production de l'acide carbonique par les végétaux maintenus à l'obscurité n'était pas particulière aux feuilles, mais s'étendait également aux autres organes tels que les bourgeons et les rameaux, et si, pour une même température, elle ne dépendait point aussi de la saison.

Dans la seconde partie, la plus importante selon nous, nous avons étudié les variations du rapport de l'acide carbonique émis à l'oxygène absorbé, dans différents organes (feuilles, bourgeons, rameaux, pétales) à des températures différentes.

ACIDE CARBONIQUE ÉMIS PAR LES BOURGEONS ET LES RAMEAUX.

Description de l'appareil.

Les rameaux ou les bourgeons mis en expérience ont été placés dans une de ces éprouvettes portant une tubulure inférieure qui sont employées dans les laboratoires pour dessécher les gaz; cette éprouvette était maintenue dans un grand cylindre en verre renfermant de l'eau dont on faisait varier la températurure au moyen d'un courant de vapeur à 100°. La tubulure inférieure communiquait par un tube recourbé à angle droit avec une éprouvette remplie de pierre ponce imbibée d'acide sulfurique bouilli[1]. A la suite de cette

1. Il faut avoir soin, lorsqu'on se sert d'une semblable éprouvette à dessécher, que les bouchons de liège ne soient pas touchés par l'acide sulfurique. Dans ce dernier cas, le liège se carbonise, et même à la température ordinaire le charbon produit ré-

éprouvette se trouvait un tube à boules contenant une solution de potasse caustique, puis deux tubes en U remplis l'un de potasse concassée en petits fragments, l'autre de pierre ponce imbibée d'acide sulfurique.

La conduite des expériences était d'une grande simplicité. Prenons pour exemple l'expérience n° 30 du tableau III.

Nous avons commencé par emplir d'eau à 22° le manchon contenant l'éprouvette qui devait renfermer les rameaux, afin d'avoir, pendant toute la durée de l'expérience, une température à peu près constante.

Nous avons placé ensuite dans l'appareil un rameau de marronnier portant deux bourgeons terminaux dont le poids total était de 21 grammes. Et pour que l'obscurité fût bien complète, nous avons enveloppé le manchon d'un morceau de serge noire d'une double épaisseur. À la partie supérieure étaient ménagées trois petites ouvertures pour laisser passer les deux tubes de l'éprouvette et la tige d'un thermomètre. De la vapeur amenée d'un ballon voisin rendait à l'appareil la chaleur qu'il perdait par rayonnement et, de temps en temps on mélangeait par le barbottement d'un courant d'air les différentes couches d'eau, de façon à avoir dans tout le manchon une température bien uniforme.

On faisait traverser l'appareil par un courant d'air dépouillé d'acide carbonique, puis, lorsqu'on jugeait que l'éprouvette ne contenait plus traces de gaz acide carbonique, on fermait au moyen de deux pinces de Mohr les tubes en caoutchouc qui se trouvaient aux extrémités de l'éprouvette contenant les rameaux.

On pesait le tube à boules contenant la solution de potasse et les deux tubes en U et on les plaçait à la suite de l'éprouvette :

Poids des tubes avant l'expérience :

Tube à boules	57.634
Tube à potasse	69.577
Tube à acide sulfurique	76.375
	203.586

Nous notions l'heure et la température ; l'expérience commençait. Lorsqu'elle était terminée, on ouvrait les pinces de Mohr et

duit l'acide sulfurique et donne de petites quantités d'acide sulfureux. On sait quelle action délétère ce gaz exerce sur la vie végétale. Même avec des bouchons de caoutchouc cet inconvénient peut se produire au bout d'un certain temps.

l'on faisait de nouveau traverser l'appareil par un courant d'air dépouillé d'acide carbonique qui déplaçait le gaz contenu dans l'éprouvette renfermant les rameaux. Ce gaz se desséchait sur la colonne de pierre ponce imbibée d'acide sulfurique, et l'acide carbonique qu'il contenait était ensuite fixé dans le tube à boules et dans le premier tube en U. Le tube à acide sulfurique servirait à dessécher le gaz dans le cas où la potasse caustique contenue dans le premier tube n'aurait pas suffi à arrêter la vapeur d'eau dont s'est saturé l'air sec en passant bulle à bulle dans la solution de potasse.

Mais, dans la plupart de nos expériences, ce tube à acide sulfurique servait de témoin, car toute la vapeur était arrêtée par la potasse caustique.

Poids des tubes après l'expérience :

Tube à boules	57.631
Tube à potasse	69.605
Tube à acide sulfurique	76.375
	203.611
	203.586
Acide carbonique produit	0.025

Un rameau de marronnier du poids de 21 grammes portant deux bourgeons nous a donc donné, en 24 heures, 25 milligrammes d'acide carbonique, la température moyenne étant 22 degrés.

Exposé des résultats.

Nous avons consigné dans les tableaux suivants les résultats obtenus.

Dans les premières colonnes se trouvent le numéro d'ordre des expériences, le nom de la plante à laquelle les rameaux sont empruntés, la durée des expériences, le poids des rameaux et la température. Dans les deux dernières nous avons placé le poids de l'acide carbonique produit dans chaque expérience et enfin établi par le calcul l'acide carbonique produit en 10 heures par 100 gr. de rameaux.

Le tableau II contient les expériences faites sur le *Pinus excelsa* et sur l'*Æsculus hippocastanum*. Ces recherches ont été entreprises vers le mois d'août 1875.

Les rameaux étaient choisis dans un parfait état de santé, on enlevait le plus délicatement possible les feuilles et on pesait l'acide carbonique produit aux différentes températures. Le rameau employé ne servait qu'à une seule expérience.

TABLEAU II

NUMÉROS d'ordre.	NATURE de la plante employée.	DURÉE des expériences.	POIDS des rameaux employés.	TEMPÉRATURE.	ACIDE carbonique produit.	AC. CARBON. produit en 10 heures par 100 gr. de rameaux.
12	Pinus excelsa.	4 h.	40	12°	0.004	0.025
13	—	23	30	19°	0.034	0.049
14	—	47	40	20°	0.099	0.053
15	—	42	30	20°	0.068	0.054
16	—	19	30	22°	0.042	0.073
17	—	21	30	23°	0.050	0.079
18	—	23	30	23°	0.056	0.081
19	—	5 1/2	30	30°	0.023	0.139
20	Æsculus hippocastanum.	23	50	10°	0.034	0.027
21	—	48	50	13°	0.081	0.034
22	—	25 1/2	50	17°	0.067	0.053
23	—	26 1/2	50	17°	0.072	0.054
24	—	5	50	28°	0.035	0.140

Les expériences consignées au tableau III ont été exécutées au mois de décembre 1876. Nous avons pris un rameau de marronnier de 20 grammes portant ses deux bourgeons terminaux, et c'est avec le même rameau qu'ont été faites toutes les expériences du tableau.

TABLEAU III

NUMÉROS d'ordre.	NATURE de la plante employée.	DURÉE des expériences.	TEMPÉRATURE.	ACIDE carbonique produit.	AC. CARBONIQUE produit en 10 heures par 100 grammes de rameaux.
25	Æsculus hippocastanum rameau de 20 gr.	21 h.	15°	0.014	0.033
26	—	25	15°	0.017	0.034
27	—	24	20°	0.019	0.039
28	—	24	20°	0.020	0.041
29	—	25	20°	0.021	0.042
30	—	24	22°	0.025	0.052
31	—	53	23°	0.061	0.057
32	—	6	30°	0.012	0.100
33	—	4	35°	0.013	0.162

Influence de la température.

Nous nous sommes attaché surtout, dans cette première série de recherches, à montrer l'influence de la température sur le dégagement de l'acide carbonique. La marche du phénomène est identique à ce qu'elle était dans la respiration des feuilles, et bien que le dégagement d'acide carbonique soit ici beaucoup plus faible que lorsque nous opérions avec des organes d'une grande surface et contenant beaucoup de cellules parenchymateuses, il n'en est pas moins vrai que les phénomènes de combustion interne qui se passent dans les rameaux sont singulièrement exaltés par la chaleur obscure.

Tandis qu'à 12°, 100 grammes de rameaux de *Pinus excelsa* n'ont donné en dix heures que 25 milligrammes d'acide carbonique, la même quantité de rameaux dans le même temps ont, à 30°, donné 139 milligrammes, c'est-à-dire une quantité cinq fois plus grande.

De même pour le marronnier, qui à 10° donne 27 milligrammes, et à 28° 140 milligrammes.

Les expériences du tableau II ont été faites, comme nous l'avons dit plus haut, à la fin de l'été, tandis que celles inscrites au tableau III ont été entreprises à la fin de décembre. Si l'on compare ces deux séries d'expériences, on voit que des rameaux pris en été à 17° dégagent plus d'acide carbonique que des rameaux de même espèce mis en expérience en hiver et portés à 20°. Il en est de même si l'on compare les expériences 32 et 24, faites à 28° et à 30°.

Cela n'a rien qui doive nous surprendre, et l'on comprend très bien qu'au milieu du mois d'août, lorsque la végétation est dans toute son activité, la fonction respiratoire, à égalité de température, soit plus intense qu'en hiver. Il ne suffit pas de porter un rameau de 3° ou 4° à 30° pour le tirer de suite de son engourdissement. La vie végétale ne peut pas être réveillée de suite, et ce n'est que par degrés que les phénomènes de combustion interne reprennent leur intensité normale pour une température donnée.

Du reste, une fois que l'on fournit au rameau la quantité de chaleur nécessaire pour mettre en jeu les réactions qui déterminent le complet développement des bourgeons et l'épanouissement des feuilles, même au milieu de l'hiver, la vie ne tarde pas à se développer. Nous avons répété bien souvent l'expérience suivante : On

coupait au mois de janvier une branche de marronnier de $0^m,50$ à $0^m,60$ de longueur; on plaçait l'extrémité inférieure dans l'eau, en ayant soin de ne laisser sur la branche qu'un ou deux bourgeons floraux, puis le tout était abandonné non loin d'une étuve chauffée à une température ne dépassant pas 50°. Dans ces conditions, on voyait au bout d'une quinzaine de jours les bourgeons se gonfler, s'ouvrir, donner naissance aux feuilles, puis à une petite hampe supportant les organes floraux à l'état rudimentaire. Le limbe des feuilles de marronnier pouvait acquérir une longueur de $0^m,08$ à $0^m,10$, et comme elles étaient exposées à la lumière, elles ne tardaient pas à prendre une belle teinte verte. Les seules conditions nécessaires à la réussite de l'expérience, étaient de changer l'eau de temps en temps et de rafraîchir de loin en loin l'extrémité de la branche par une nouvelle section faite environ à un centimètre de l'ancienne.

Cependant, au bout de trois semaines d'une végétation peu vigoureuse, les feuilles tombaient, la hampe de fleurs, qui s'était peu développée, se détachait également, les substances de réserve étaient détruites, le rameau ne tardait pas à périr. Mais il n'en avait pas moins, transformant les matières amylacées qu'il avait à sa portée, commencé, sous l'action d'une élévation de température, le développement de ses jeunes feuilles.

ACIDE CARBONIQUE ÉMIS ET OXYGÈNE ABSORBÉ PAR DIFFÉRENTS ORGANES.

Description de la méthode employée.

Pour déterminer le rapport qui existe entre l'oxygène absorbé et l'acide carbonique émis dans la respiration, nous avons placé les organes végétaux dans une atmosphère limitée; nous avons mesuré le volume du gaz et déterminé sa composition avant et après l'expérience, et en ramenant le volume à 0° et à $0^m,760$ de pression, il nous a été facile d'en déduire la quantité d'acide carbonique produite et la quantité d'oxygène disparue. Notre manière d'opérer sera établie nettement par un exemple que nous fournira l'expérience n° 107 du tableau VII.

Nous avons pris un rameau terminal d'*Eucalyptus globulus* pesant 14 grammes et nous l'avons introduit dans une éprouvette remplie

d'eau. Nous avions eu soin d'enlever tout l'air adhérent aux feuilles. On a fait passer ensuite dans l'éprouvette 160 centimètres cubes d'air atmosphérique à 11° et à $0^{m},752$ de pression.

L'éprouvette a été portée sur la cuve à mercure et, au moyen d'une pipette recourbée, nous avons aspiré l'eau, de façon à remplacer ce liquide par du mercure. Il est très facile, avec un peu d'habitude, d'enlever ainsi presque toute l'eau contenue dans la cloche : dans toutes nos expériences, il ne restait jamais sur la surface du mercure plus d'un centimètre cube d'eau, quantité suffisante pour saturer d'humidité le gaz contenu dans la cloche, pour empêcher les vapeurs mercurielles d'exercer leur action toxique sur les organes végétaux, mais trop faible, par rapport à la solubilité de l'acide carbonique, pour être une cause d'erreur sensible. Cette manière d'opérer est préférable à celle qui consisterait à introduire directement les feuilles sous le mercure, car elles en retiennent toujours quelques goutelettes qui peuvent exercer une action nuisible. De plus, pour que certains organes, les rameaux, par exemple, ne soient pas mis en contact avec le mercure, tout en ayant leur extrémité dans la petite couche d'eau qui se trouve à sa surface, on plaçait sur le métal une petite plaque très mince de caoutchouc non vulcanisé.

L'éprouvette renfermant les feuilles était maintenue dans un verre cylindrique rempli de mercure et l'on avait soin que les deux niveaux, à l'intérieur et à l'extérieur de l'éprouvette, fussent à peu de chose près dans un même plan horizontal. Le tout était descendu dans un manchon de verre rempli d'eau, de façon à avoir une température constante pendant toute la durée de l'expérience. Dans l'exemple qui nous occupe, des morceaux de glace nageant dans l'eau maintenaient la température à 0°.

Ce récipient, afin de laisser les plantes dans une obscurité complète, était entouré d'une double couche de papier noir.

L'expérience avait été commencée le 4 janvier à 2 heures ; nous l'avons arrêtée le 5 janvier à 2 heures ; elle a donc duré 24 heures.

L'éprouvette était alors portée sur la cuve à mercure et on laissait sa température se mettre en équilibre avec celle du laboratoire. On faisait ensuite passer le gaz dans une cloche graduée, on lisait le volume, qui dans le cas actuel a été trouvé de 164 cent. cubes. On transportait sur la cuve à eau, on remplaçait le mercure par ce dernier liquide, on absorbait l'acide carbonique par la potasse ; on lisait

de nouveau ; le volume était devenu 159 cent. cubes. On faisait ensuite l'analyse du mélange d'oxygène et d'azote qui restait dans la cloche au moyen de l'acide pyrogallique et de la potasse.

Pris sur la cuve à eau	24^{cc},1
Après pyrogallate de potasse	19.9
La température de la cuve à mercure était de	14°,5
Celle de la cuve à eau	13°,2
La pression atmosphérique	753.1

Il était facile de ramener alors les différents volumes gazeux à 0° et à 760[1].

1. Pour ramener le volume primitif à 0° et à 760 nous avons la formule :

$$Vo = \frac{Vt\,(H - f)}{(1 + \alpha t)\,760}$$

d'où :

$$Vo = \frac{160\,(752 - 9.79)}{1.04026 \times 760}$$

log Vol. pr. = (log 160 + log 742.21) — (log 0.01714 + log 760).

log. Vol. pr. = 2.1766932.

Vol. pr. = 150.21.

Le volume primitif étant de l'air atmosphérique, sa composition est facile à déterminer. Représentons par x la quantité d'oxygène qu'il contient, nous aurons :

$$\frac{150.21}{x} = \frac{1000}{208}$$

$$x = \frac{150.21 \times 208}{1000} = 31.24.$$

Les feuilles d'*Eucalyptus* ont donc été placées dans un mélange de 31.24 d'oxygène et de 118.97 d'azote.

Le volume final après l'expérience était à 0° et à 760.

$$\text{Vol. f.} = \frac{164\,(753.1 - 12.29)}{1.05307 \times 760}$$

log Vol. f. = (log 164 + log 740.81) — (log 0.02246 + log 760)

log Vol. f. = 2.1812770

Vol. f. = 151.80.

Le volume pris sur la cuve à eau après l'absorption de l'acide carbonique devient :

$$Vo = \frac{159\,(753.1 - 11.31)}{1.04831 \times 760}$$

log Vo = (log 159 + log 741.79) — (log 0.02049 + log 760)

log Vo = 2.1703745

Vo = 148.04.

Si nous faisons la différence entre 148.04 et 151.80, nous avons l'acide carbonique produit, soit 3^{cc},76.

La somme des volumes d'azote et d'oxygène étant égale à 148^{cc},04, d'après l'analyse citée plus haut, nous aurons le volume d'azote restant au moyen de la proportion suivante :

$$\frac{148.04}{x} = \frac{24.1}{19.9}$$

$$x = \frac{148.04 \times 19.9}{24.1} = 122.24.$$

Le volume de l'oxygène restant sera 25.80.

On connaît donc exactement la composition du gaz avant et après l'expérience.

Pour rendre les résultats plus sensibles, nous avons disposé nos chiffres dans l'ordre suivant :

	Gaz primitif.	Gaz final.	Différences.
Volume total............	150.21	151.80	+ 1.59
Oxygène................	31.24	25.80	— 5.44
Acide carbonique........		3.76	+ 3.76
Azote..................	118.97	122.24	+ 3.27

Dans les colonnes de 1 à 6, nous avons placé les numéros d'ordre, la nature de la plante employée, l'intensité de la lumière, le poids des organes sur lesquels ont porté nos recherches, la température et la durée des expériences. La plupart ont été faites dans l'obscurité; quelques-unes seulement, sur les bourgeons et sur les tiges de marronnier, ont été entreprises, soit à la lumière diffuse du laboratoire, soit au soleil, et dans ce cas portées à des températures variant de 15° à 30°. Les colonnes 7, 8 et 9 contiennent le volume primitif du gaz sur lequel on opérait. Le volume final se trouve inscrit dans les colonnes 10, 11, 12 et 13. L'oxygène absorbé est indiqué à la colonne 14; les résultats sont obtenus par la différence des chiffres de 8 et de 11.

La colonne 15 renferme l'azote apparu lorsque le chiffre est précédé du signe +, disparu lorsque le chiffre est précédé du signe —. Enfin, en 16 et en 17, nous avons inscrit l'oxygène et l'acide carbonique absorbé et émis par 100 grammes en 10 heures, au milieu de l'atmosphère sur laquelle on opérait.

Ces deux séries d'expériences, faites par des méthodes différentes, devaient nous fournir un moyen de contrôle et nous montrer, par la plus ou moins grande concordance de nos chiffres, quelle confiance on pouvait attendre de nos manières d'opérer.

Ainsi, dans le tableau II, nous avons fait une expérience sur 50 grammes de rameaux de marronnier et nous avons trouvé 0gr,081 d'acide carbonique produit, ce qui, pour 100 grammes de rameaux en 10 heures nous donne 0gr,034.

Dans la deuxième série de recherches, nous avons aussi des expériences faites sur les mêmes rameaux. Mais au lieu de prendre 50 grammes, nous avons pris 5 grammes; la durée de l'expérience est moitié moindre; au lieu de peser l'acide carbonique, nous le mesurons. Dans ces nouvelles conditions, les résultats trouvés, seront-ils, à peu de chose près, comparables à ceux du tableau II?

Si nous nous reportons à l'expérience 73 du tableau VI, nous voyons que 5 grammes de rameaux de marronnier à 15° ont donné en 21 heures 1c. c.,95 d'acide carbonique, c'est-à-dire que 100 grammes donneraient en 10 heures 18c. c.,57. Or, le poids de 18c. c.,57 d'acide carbonique est 18,57 × 0,00197 (1gr,97 étant le poids d'un litre d'acide carbonique), ce qui nous donne 0gr,036.

La différence entre les deux expériences 21 du tableau II et 73 du tableau VI est donc de 0gr,002, différence en plus dans le sens de la température la plus élevée, l'une des deux expériences étant faite à 13° et l'autre à 15°.

Il en est de même pour l'expérience 24 du tableau II et l'expérience 74 du tableau VI. Dans le premier cas, à la température de 28°, 100 grammes de rameaux de marronnier nous donnent, en 10 heures, 0gr,140 d'acide carbonique; dans le second cas, à la température de 30°,100 grammes nous donnent, en 10 heures, 87c. c.,52, c'est-à-dire 0gr,172. Différence, 0gr,032 dans le sens de la température la plus élevée.

Respiration des pétales.

Toutes nos recherches ont porté sur des pétales assez grands et assez forts pour résister à nos expériences. Le premier fait qui ressort des chiffres consignés au tableau IV, c'est que dans les pétales l'activité respiratoire est très accentuée. Ainsi qu'on l'a vu au tableau I, 10 grammes d'aiguilles de *Pinus pinaster* ont donné en 10 heures, à la température de 13°, environ 3 cent. cubes d'acide carbonique; à la même température et dans les mêmes conditions, les pétales de tulipe jaune ont produit 7c. c.,41, et ceux d'*Iris germanica*, 5c. c.,69.

De même que dans les feuilles, ce dégagement d'acide carbonique augmente avec une élévation de température, et ici, comme on agit sur des organes privés de chlorophylle, la respiration est aussi manifeste au soleil qu'à l'obscurité (Cahours). Dans nos expériences, les éprouvettes étaient maintenues à l'obscurité, dans une masse d'eau d'un certain volume, de façon à avoir une température aussi constante que possible.

A 13°, 10 grammes de pétales d'*Iris germanica*, en 10 heures, ont donné 5c. c.,44 d'acide carbonique; à 19°, le volume de gaz produit est 10c. c.,34, à peu près le double.

Ainsi, dès que la température atteint 29°, nous voyons les pétales de rose trémière, et les pétales de rose rouge exhaler plus de 20 cent. cubes d'acide carbonique en 10 heures pour 10 grammes d'organes mis en expérience. Dans nos premières recherches sur les tulipes et la pivoine, on peut voir, par les expériences 35, 36, 37, 38 et 39, que tout l'oxygène contenu dans l'éprouvette était fixé dans le végétal. L'absorption est telle que l'acide pyrogallique et la potasse ne se colorent même pas au contact du gaz restant. Un organe végétal placé à l'obscurité dans un mélange gazeux contenant de l'oxygène, fixe ce dernier gaz avec une énergie aussi grande que le phosphore ou le pyrogallate de potasse. Mais dès qu'il n'y a plus d'oxygène dans l'atmosphère en contact avec le pétale, la vie est-elle suspendue ou anéantie? On peut voir dans les expériences déjà citées, où tout l'oxygène a été absorbé, que les volumes d'acide carboniqne produits sont ou inférieurs ou très peu supérieurs aux volumes d'oxygène disparus. On serait donc porté à croire, d'après ces expériences, que dans les pétales le dégagement d'acide carbonique s'arrêterait avec l'absorption d'oxygène. Il n'en est rien cependant. Placé dans un gaz inerte, un pétale, de même qu'une feuille, ne consent pas à mourir aussi facilement. Le dégagement d'acide carbonique continue; mais il continue aux dépens de la plante qui fournit tout à la fois et le carbone et l'oxygène. Nous reviendrons plus loin sur ce phénomène de combustion interne déjà étudié par nous dans notre premier mémoire et qui vient de fournir à M. Müntz le sujet d'un important travail.

Comme les pétales sont des organes de courte durée, dont le rôle est terminé après la fécondation, c'est un peu avant ou au moment même de l'épanouissement qu'il faut étudier leur respiration.

Prenons pour exemple l'expérience 47 du tableau IV. Cinq grammes de pétales de *Lilium candidum* à la température de 20° n'ont donné, en 49 heures, dans une atmosphère d'azote, que 3 cent. cubes 84 d'acide carbonique. Une expérience comparative (n° 46) faite dans l'air a produit 23 cent cubes.

Pour nous rendre compte de ce que pouvait être ce dégagement dans un gaz inerte lorsque les pétales étaient bien vigoureux, nous avons opéré, en août 1875, sur les pétales d'une rose rouge qui commençait à peine à s'épanouir. Nous avons placé 5 grammes de pétales dans l'hydrogène à la température de 23°,5 ; l'expérience a

TABLEAU IV.

Nos D'ORDRE.	NATURE des FLEURS EMPLOYÉES.	POIDS des pétales.	TEMPÉRATURES.	DURÉE DE L'EXPÉRIENCE en heures.	VOLUME PRIMITIF: VOLUME total.	VOLUME PRIMITIF: OXYGÈNE.	VOLUME PRIMITIF: AZOTE.	VOLUME FINAL: VOLUME total.	VOLUME FINAL: OXYGÈNE.	VOLUME FINAL: AZOTE.	VOLUME FINAL: ACIDE carbonique.	OXYGÈNE ABSORBÉ.	AZOTE APPARU.	OXYGÈNE ABSORBÉ par 10 gr. de pétales en 10 heures.	ACIDE CARBONIQUE émis par 10 gr. de pétales en 10 heures.
34	Tulipe jaune...........	5 gr.	13°	6 ½	151.56	31.52	120.04	150.62	27.71	120.50	2.41	3.81	+ 0.46	11.72	7.41
35	—	10	22	26 ½	147.36	30.65	116.71	143.68	»	117.32	26.36	30.65	+ 0.61	11.56	9.95
36	Tulipe rouge...........	7	20	45	147.16	30.61	116.55	147.36	»	117.64	29.72	30.61	+ 1.09	9.71	9.43
37	—	7	20	45	147.16	30.61	116.55	151.04	»	119.31	31.73	30.61	+ 2.76	9.71	10.07
38	Tulipe blanche...........	6	22	36 ½	147.36	30.65	116.71	143.68	»	120.28	23.40	30.65	+ 3.57	9.64	7.35
39	Pivoine.................	8	22	27	147.36	30.65	116.71	148.28	»	115.62	32.66	30.65	— 1.09	14.19	15.12
40	Iris germanica..........	5	14	18	151.30	31.47	119.83	146.56	22.54	117.50	6.52	8.93	— 2.33	9.92	7.24
41	—	5	19	25 ½	146.00	30.38	115.71	141.70	13.19	115.32	13.19	17.19	— 0.30	13.48	10.34
42	—	5	13	72	151.30	31.47	119.83	152.98	7.95	125.45	19.58	23.52	+ 5.62	6.53	5.44
43	Iris florentina	5	19	25 ½	146.09	30.38	115.71	144.41	16.30	117.63	10.48	14.08	+ 1.92	11.04	8.22
44	—	5	19	25 ½	146.09	30.38	115.71	141.70	15.07	115.78	10.85	15.31	+ 0.07	12.01	8.51
45	Lilium candidum.........	5	21	24 ½	146.44	30.46	115.98	144.90	15.77	115.70	13.43	14.60	— 0.28	11.99	10.96
46	—	5	21	49	146.44	30.46	115.98	144.90	2.37	118.78	23.75	28.00	+ 2.80	11.46	9.69
47	—	5	21	49	146.44	»	146.44	152.15	»	148.31	3.84	»	+ 1.87	»	1.56
48	Lilium croceum..........	5	21	24 ½	146.44	30.46	115.98	144.90	11.44	117.34	16.42	19.32	+ 1.36	13.40	15.77
49	—	5	21	49	146.44	30.46	115.98	147.16	»	119.13	28.03	30.46	+ 3.15	12.43	11.42
50	Hemerocallis fulva........	5	21	5 ½	146.44	30.46	115.98	146.44	25.54	117.78	3.12	4.92	+ 1.80	17.89	11.34
51	—	5	21	24 ½	146.44	30.46	115.98	143.09	3.07	117.92	22.10	27.39	+ 1.94	23.25	18.41
52	Rose trémière jaune......	5	29	20	144.69	30.09	114.60	140.60	3.96	115.10	21.54	26.13	+ 0.50	26.13	21.54
53	Rose trémière rouge......	5	29	20	144.69	30.09	114.60	140.60	7.31	114.74	18.55	22.78	+ 0.14	22.78	18.55
54	Rose rouge.............	5	29	20	144.69	30.09	114.60	136.99	»	113.24	23.75	30.09	— 1.36	30.09	23.75
55	Bouton Iris germanica....	5.5	13	72	122.93	25.56	97.37	118.49	6.09	98.11	13.39	18.87	+ 0.74	5.26	3.38
56	— Lilium candidum..	3.53	21	26 ½	146.44	30.46	115.98	146.72	19.36	116.80	10.56	11.10	+ 0.92	11.87	11.29
57	— Hemerocallis fulva.	2.075	21	26 ½	146.44	30.46	115.98	146.72	20	117.63	9 09	10.46	+ 1.65	19.02	16.53

duré 22 heures. Les chiffres suivants, ramenés à 0° et à 0m,760 donnent les résultats :

	Gaz primitif.	Gaz final.	Différences.
Volume total...........	177.79	184.26	+ 6.47
Hydrogène.............	177.79	170.35	— 7.44
Acide carbonique.......		13.91	+ 13.91

Nous avons compté en hydrogène la petite quantité d'azote contenue dans les pétales, qui a pu se diffuser dans le gaz mis en expérience.

En résumé, à 23°,5, 10 grammes de pétales de rose rouge donnent en 10 heures 12c.c.,45 d'acide carbonique, soit 0gr,025.

Une autre expérience faite sur le même poids de pétales à une température qui a oscillé entre 25° et 27°, et qui a duré 26 heures, nous a donné les résultats suivants :

	Gaz primitif.	Gaz final.	Différences.
Volume total...........	179.62	196.29	+ 16.67
Hydrogène.............	179.62	175.24	— 4.38
Acide carbonique.......		21.05	+ 21.05

C'est-à-dire qu'à 26°, 10 grammes de pétales de rose rouge donnent en 10 heures 16c.c.,84 d'acide carbonique pesant 0gr,023.

Ce chiffre est inférieur à celui obtenu dans l'air, puisque, à une température peu différente, 29° (expérience 54 du tableau IV), 10 grammes de pétales en 10 heures ont produit 23 c.c.,75.

On peut donc conclure de ces expériences que le dégagement d'acide carbonique dans un gaz inerte s'étend aussi bien aux organes floraux qu'aux feuilles d'un végétal.

Nous avons comparé précédemment la respiration des pétales à celle des aiguilles de pin maritime pour une même température, et nous croyons avoir démontré qu'elle lui est bien supérieure. Mais les pétales ne jouissent pas seuls de cette propriété de dégager de fortes proportions d'acide carbonique. Tout organe jeune en voie de formation respire avec une grande énergie. Nous renvoyons le lecteur au tableau V, expériences 69 et 70. Le 4 mai 1876, 10 grammes de jeunes feuilles de marronnier ont donné, en 10 heures, à 13°, 15 c.c.,54 d'acide carbonique, quantité supérieure à celle donnée par les pétales d'*Iris germanica* ou de tulipe jaune à la même température. Nous verrons du reste plus loin, en traitant de la respiration des bourgeons, le même phénomène se reproduire.

Cette absorption d'oxygène est-elle utile à la fleur? De Saussure, qu'on ne saurait trop consulter lorsqu'il s'agit des grandes questions de physiologie végétale, dit dans ses *Recherches chimiques sur la végétation* : « Les fleurs, même celles des plantes aquatiques, ne se développent point dans le gaz azote pur. Leurs boutons prêts à s'y épanouir y sont comme paralysés; et ces parties épanouies ou non s'y putréfient plus vite que sous des récipients pleins d'air commun. »

Cette perte de carbone par combinaison avec l'oxygène de l'air, essentiellement nécessaire à la vie de la fleur, produit comme toute combustion une certaine quantité de chaleur. Dans les feuilles, cette chaleur paraît être utilisée à la formation des principes immédiats. Il était logique de penser que dans les fleurs elle favorisait l'élaboration de ces principes odorants quelquefois si fugaces qui varient avec la nature de la plante : essence de rose, de jasmin, de girofle, etc. Mais M. Cahours[1] a démontré qu'il n'existait pas de relation entre la production des principes odorants et l'énergie de la respiration. Si la chaleur développée n'est pas employée au fur et à mesure de sa production à la formation de principes immédiats, si elle n'est point une cause de formation de corps nouveaux, elle doit être sensible, et c'est en effet ce qui arrive pour certaines fleurs. On sait que, grâce à la disposition des organes floraux de quelques *Arums*, on peut avec un simple thermomètre déceler au moment de la floraison des élévations de température de 5° à 6°. Cette chaleur n'est due qu'à une combustion produite par l'oxygène de l'air atmosphérique, puisque, plus l'accroissement de température est grand, et plus grande aussi est l'absorption d'oxygène. C'est ce qu'a parfaitement démontré M. Garreau dans son mémoire publié en 1852 aux *Annales des sciences naturelles*[2] : « La chaleur qui se manifeste dans le spadice de l'*Arum italicum* croît avec la quantité d'oxygène que cet organe consomme dans un temps donné. »

De plus, dans une même fleur, ce sont les organes floraux les plus importants qui respireront avec le plus d'énergie. « Des divers éléments qui constituent la fleur, ce sont le pistil et les étamines, en qui réside la plus grande puissance de vitalité, qui consomment la

1, Cahours, Comptes rendus; LVIII, 1864, p. 1206.

2. Garreau, *Relations qui existent entre l'oxygène consommé par le spadice de l'*arum italicum *en état de paroxysme, et la chaleur qui se produit.* (*Ann. sc. nat.*, 3e série, XVI, 1851, p. 250.)

plus grande quantité d'oxygène et produisent la plus forte proportion d'acide carbonique. » (Cahours.)

Enfin, nous ferons remarquer que, dans toutes les expériences comprises dans le tableau IV, le volume d'acide carbonique produit est toujours inférieur à celui de l'oxygène absorbé. Lorsque l'expérience dure peu de temps (n° 34), le rapport est $\frac{2.41}{3.81} = 0{,}64$. Au contraire, lorsque l'expérience est de longue durée (n° 49), le rapport tend vers l'unité, il devient $\frac{28.03}{30.46} = 0{,}92$.

Des expériences faites sur des boutons entiers d'*Iris germanica*, de *Lilium candidum* et d'*Hemerocallis fulva* (exp. 55, 56 et 57) nous ont donné les mêmes résultats. Excès de l'oxygène absorbé sur l'acide carbonique produit. L'expérience 55 nous montre même une grande différence entre les deux volumes, car pour 13$^{c.c.}$,39 d'acide carbonique apparu, il a disparu 18$^{c.c.}$,87 d'oxygène; le rapport serait $\frac{13.39}{18.87} = 0{,}72$.

En résumé, à des températures comprises entre 13° et 29°, les pétales mis en expérience ont toujours absorbé plus d'oxygène qu'ils n'ont émis d'acide carbonique.

Nous devons aussi appeler l'attention sur ce fait que, lorsque deux plantes du même genre ont des pétales blancs ou colorés, les pétales blancs semblent toujours donner à l'obscurité un volume d'acide carbonique plus faible. C'est ainsi qu'en 10 heures, à 19°, 100 grammes de pétales blancs d'*Iris florentina* donnent 83 cent. cubes d'acide carbonique et que 100 grammes de pétales violets d'*Iris germanica* fournissent 103 cent cubes. Les pétales du *Lilium candidum*, à 21°, exhalent 109 cent. cubes, ceux du *Lilium croceum*, à la même température, 157 cent. cubes. Il en est de même pour les tulipes jaunes et blanches. Les expériences faites sur la tulipe rouge ne peuvent pas servir de termes de comparaison, parce qu'elles ont duré trop longtemps. On comprend très bien qu'exposés à la lumière et à la chaleur solaire, la température des pétales colorés soit plus élevée que celle des pétales blancs. Leur pouvoir absorbant est évidemment plus grand. La température étant différente, la respiration l'est aussi. Mais on s'explique moins bien qu'à l'obscurité les différences soient encore aussi accusées. Il semblerait donc ici que la chaleur plus ou moins grande reçue par des pétales différents agit encore après le départ de la source qui l'a produite. Nos recherches n'ayant pas d'ailleurs porté spécialement sur ce sujet, nous nous contentons de le signaler en passant.

Respiration des bourgeons.

Les expériences ont porté sur les bourgeons floraux de l'*Æsculus hippocastanum*; elles ont été exécutées au mois d'avril, au moment où la combustion végétale reprend toute son activité. On voit, par les expériences 58, 59, 60 et 61, qu'une différence de 15 degrés dans la température fait varier du simple au double la production de l'acide carbonique. 5 grammes de bourgeons, en 21 heures, à 15°, ont donné 10c.c.,29 d'acide carbonique; à 30°, le volume de gaz recueilli est 21c.c.,24. Si nous comparons ces quantités à celles produites par de très jeunes feuilles de marronnier, le 4 mai, nous voyons qu'elles leur sont inférieures. Cependant M. Garreau avait annoncé: que les bourgeons en respirant consument plus de carbone que les feuilles[1]. Mais cette différence entre les conclusions du savant physiologiste et les nôtres tient à ce que nous avons toujours pris les bourgeons avant que les écailles ne fussent entr'ouvertes, c'est à dire au moins dix ou quinze jours avant l'épanouissement. M. Garreau mentionne, dans plusieurs de ses expériences, l'épanouissement des bourgeons dans ses appareils. Le point important pour nous était du reste de connaître le rapport de l'acide carbonique émis à l'oxygène consommé. On voit, par les expériences 58, 59, 60, 61, 62 et 63, que le rapport des deux gaz n'est point constant. Une fois, à 12° (n° 63), il y a eu un petit excès d'acide carbonique, les autres fois au contraire une légère diminution (nos 58, 60). Dans tous les cas les différences sont peu accusées.

Au contraire, dès que la jeune feuille est formée, lorsqu'elle a encore une couleur vert tendre, elle respire avec une grande énergie et elle fixe notablement plus d'oxygène qu'elle n'en émet à l'état d'acide carbonique.

En 10 heures, 10 grammes de feuille ont produit 1c.c.,5 d'acide carbonique et ont absorbé 19 cent. cubes d'oxygène. Ce qui, pour 100 cent. cubes d'oxygène absorbé, représente 81c.c.,5 d'acide carbonique produit. La différence entre les deux gaz absorbés et émis est ici nettement accusée.

Il semble qu'au moment de ce rapide accroissement, la plante,

1. Garreau, *De la respiration chez les plantes*. (*Ann. sciences nat.*, 3e série, XV, 1851.)

TABLEAU V.

Nos D'ORDRE.	NATURE DE LA PLANTE employée.	INTENSITÉ de la LUMIÈRE.	POIDS DES ORGANES mis en expérience.	TEMPÉRATURES.	DURÉE DE L'EXPÉRIENCE en heures.	VOLUME PRIMITIF			VOLUME FINAL				OXYGÈNE ABSORBÉ.	AZOTE APPARU.	OXYGÈNE ABSORBÉ par 100 gr. de bourgeons en 10 heures.	ACIDE CARBONIQUE émis par 100 gr. de bourgeons en 10 heures.
						VOLUME total.	OXYGÈNE.	AZOTE.	VOLUME total.	OXYGÈNE.	AZOTE.	ACIDE carbonique.				
	Marronnier (avril).															
58	Bourgeons..	Lumière diffuse.	5 gr.	15°	21	150.40	31.28	119.12	140.55	19.21	120.05	10.20	12.07	+ 0.93	114.95	98
59	—	Lumière diffuse.	5	30	21	150.40	31.28	119.12	151.44	9.50	120.61	21.24	21.69	+ 1.49	206.57	202.28
60	—	Obscurité.	5	15	21	150.40	31.28	119.12	147.87	18.48	118.93	10.46	12.80	— 0.19	121.90	99.62
61	—	—	5	30	21	150.40	31.28	119.12	155.23	18.75	120.31	16.17	12.53	+ 1.19	59.66	154
62	—	Lumière diffuse.	10	12	48	147.17	30.61	116.56	150.04	4.73	112.96	26.35	25.88	+ 2.40	53.54	54.80
63	—	—	5	12	48	147.17	30.61	116.56	150.04	17.04	121.57	11.43	13.57	+ 5.01	56.54	47.08
64	Bourgeons et rameaux...	—	5	15	21	150.40	31.28	119.12	140.55	22.03	119.51	8.01	9.25	+ 0.30	88.09	76.28
65	—	Obscurité.	15	15	25	149.14	31.02	118.12	165.96	»	121.52	44.44	31.02	+ 3.40	82.72	118.50
66	—	—	16	15	67	146.38	30.44	115.94	178.97	»	118.59	60.38	30.44	+ 2.65	28.39	56.32
67	—	—	15	15	26	149.14	149.14	»	138.33	75.22	5	58.21	73.92	+ 5	189.53	149.25
68	—	—	15	15	97	149.14	149.14	»	131.66	21.22	5	105.44	127.92	+ 5	87.92	72.47
69	Feuilles (4 mai)......	—	4.5	13	20	150.24	31.25	118.99	141.83	14	116.84	13.99	17.25	— 2 15	191.66	155.44
70	—	—	4.5	13	20	150.24	31.25	118.99	144.83	14.93	116.26	13.64	16.32	— 2.73	181.33	151.55

aussi bien que la graine en germination, a besoin de produits oxydés, et qu'elle retient avec énergie une partie de l'oxygène qu'elle inspire.

Influence de la composition de l'atmosphère ambiante sur la respiration des bourgeons.

Dans leurs recherches antérieures, M. Dehérain et l'auteur de ce mémoire avaient démontré que lorsque l'on compare les chiffres obtenus par la respiration des feuilles dans l'oxygène pur à ceux fournis par les expériences exécutées dans l'air, on trouve des différences peu sensibles. Cependant les plantes maintenues dans l'oxygène semblaient nous avoir donné un petit excès d'acide carbonique.

Si l'on vient à étendre les mêmes recherches aux bourgeons, on trouve des différences plus notables. Ainsi, à 75° (n° 67), 100 grammes de rameaux de marronnier munis de leurs bourgeons donnent en 10 heures, dans l'oxygène, 149c. c.,25 d'acide carbonique ; dans les mêmes conditions de durée, des rameaux identiques n'exhalent dans lair que 76c. c.,28. Mais dans le premier cas, comme dans le second exemple à 15°, ils absorbent plus d'oxygène qu'ils n'émettent d'acide carbonique. Dans l'oxygène la différence en 26 heures a été de 15 cent. cubes.

La seconde expérience exécutée dans l'oxygène (n° 68) nous montre clairement l'influence fâcheuse d'un excès d'acide carbonique sur la respiration. Si les rameaux ne restent confinés dans une atmosphère de 150 cent. cubes que 26 heures, le dégagement calculé pour 100 grammes en 10 heures est 149c. c.,25 ; si au contraire l'expérience dure 97 heures, bien qu'il reste encore une petite quantité d'oxygène, le dégagement moyen dans les mêmes conditions n'est plus que 72c. c.,47.

On voit par les expériences 65 et 66 qu'après avoir absorbé tout l'oxygène de l'air qui les entoure, les bourgeons, comme les feuilles et les pétales, continuent d'émettre de l'acide carbonique, puisque le volume de ce gaz est bien supérieur à celui de l'oxygène disparu.

Respiration des rameaux.

Le tableau VI renferme nos expériences sur les rameaux. Les expériences de 78 à 85 ont été faites en avril 1873, 86 et 87 en janvier 1877. Les premières recherches ont porté sur les rameaux de marronnier ; elle ont été exécutées soit à la lumière diffuse, soit à

l'obscurité, à des températures de 15° et de 30°. Les quatre premières expériences, ayant eu la même durée, 21 heures, sont donc parfaitement comparables. A 15°, à l'obscurité, 5 grammes de rameaux donnent 1c.c.,95 d'acide carbonique et fixent 3c.c.,92 d'oxygène, le rapport des deux gaz est $\frac{1.95}{3.92} = 0,497$; à 30°, le même poids de rameaux fournit 9c.c.,19 d'acide carbonique, absorbe 3c.c.,69 d'oxygène, le rapport devient $\frac{9.19}{3.69} = 2,49$.

Dans le premier cas l'acide carbonique exhalé ne représentait pas la moitié de l'oxygène fixé : dans le second cas, son volume était plus du double de celui de l'oxygène.

C'est là le premier exemple bien marquant de l'influcnce de la température, non seulement sur le dégagement de l'acide carbonique, mais encore sur le rapport des deux gaz absorbé et émis. Une différence de 15° peut donc sur un rameau de marronnier amener une fixation ou une déperdition d'oxygène, puisque suivant la températarature, la quantité d'acide carbonique dégagé sera plus petite ou plus grande que la quantité d'oxygène consumé.

La chaleur obscure ayant une telle action sur la respiration des rameaux, il nous a paru intéressant de voir quelle serait alors l'action de la lumière diffuse. Les expériences 71 et 72, faites à 15° et à 30° le même jour et dans les mêmes conditions que les précédentes, vont nous aider à résoudre cette question. A 15°, 5 grammes de rameaux, à la lumière diffuse du laboratoire, ont donné 3c.c.,14 d'acide carbonique contre 2c.c.,97 d'oxygène fixé, le rapport est $\frac{3.14}{2.97} = 1,06$; par conséquent, nous pouvons dire que dans ce cas la lumière agit comme la chaleur obscure.

A 30° (expérience 72) la différence est encore plus sensible, le rapport devient $\frac{6.56}{3.59} = 1,82$. Si l'on répète la même expérience à une température un peu inférieure, 12° (n° 75), on voit que le rapport des deux gaz est à peu près égal à l'unité.

Avant de continuer ces recherches sur le marronnier, nous avons tenu à nous assurer si, à une température de 15°, on pourrait considérer comme général ce fait, que les rameaux à l'obscurité absorbent plus d'oxygène qu'ils n'émettent d'acide carbonique. Nous avons étudié la respiration des rameaux suivants : *Pistacia chia*, *Fraxinus aurea*, *Ailanthus glandulosus*, *Juglans regia*, *Robinia pseudo-acacia*, *Catalpa syringæfolia*, *Taxus baccata*, *Ginko biloba*, *Pinus sylvestris* et *Picea excelsa*. Sur trente expériences, nous en avons trouvé vingt qui nous ont donné un excès d'oxygène absorbé et dix

TABLEAU VI.

Nos D'ORDRE.	NATURE DES RAMEAUX employés.	INTENSITÉ de la LUMIÈRE.	POIDS.	TEMPÉRATURES.	DURÉE DE L'EXPÉRIENCE en heures.	VOLUME PRIMITIF			VOLUME FINAL				OXYGÈNE ABSORBÉ.	AZOTE APPARU.	OXYGÈNE ABSORBÉ par 100 gr. de tiges en 10 heures.	ACIDE CARBONIQUE émis par 100 gr. de tiges en 10 heures.
						VOLUME total.	OXYGÈNE.	AZOTE.	VOLUME total.	OXYGÈNE.	AZOTE.	ACIDE carbonique.				
			gr.	°												
71	Marronnier...	Lumière diffuse.	5	15	21	150.40	31.28	119.12	147.87	28.31	116.42	3.14	2.97	— 2.70	28.28	29.90
72	— ...	—	5	30	21	150.40	31.28	119.12	155.23	27.69	120.98	6.56	3.59	+ 1.86	34.19	62.47
73	— ...	Obscurité.	5	15	21	150.40	31.28	119.12	147.87	27.36	118.56	1.95	3.92	+ 0 56	37.33	18.57
74	— ...	—	5	30	21	150.40	31.28	119.12	159.01	27.59	122.23	9.19	3.69	+ 3.11	35.14	87.52
75	— ...	Lumière diffuse.	10	12	48	147.17	30.61	116.56	150.04	3.20	119.27	27.57	27.41	+ 2.71	57.10	57.44
76	Pistacia chia	Obscurité.	10	15	45	144.95	30.15	114.80	147.42	17.71	116.43	13.28	12.44	+ 1.63	27.64	29.51
77	Fraxinus aurea	—	10	15	45	144.95	30.15	114.80	141.88	10 76	114.66	16.46	19.39	— 0.14	43.08	36.57
78	Ailanthus glandulosus.	—	10	15	45	144.95	30.15	114.80	146.20	15.40	114.20	16.40	14.75	— 0.60	32.77	36.44
79	Juglans regia.	—	10	15	47	146.02	30.37	115.65	146.04	17.57	116.96	11.51	12.80	+ 1.31	27.23	24.89
80	Robinia ps.-acacia.....	—	10	15	47	146.02	30.37	115.65	151.65	19.72	118.99	12.96	10.65	+ 3.34	22.66	27.53
81	Catalpa syringæfolia....	—	10	15	47	146.02	30.37	115.65	146.04	18.03	117.80	10.21	12.34	+ 2.15	26.25	21.72
82	Taxus baccata	—	10	15	46	149.58	31.11	118.47	146.44	20.83	117.65	7.96	10.28	— 0.82	22.34	17.30
83	Ginko biloba.	—	10	15	46	149.58	31.11	118.47	145 50	16.30	117.73	11.47	14.81	— 0.74	32.19	24.93
84	Pinus sylvestris.......	—	5	15	47	151.40	31.49	119.91	151.61	11.18	122.41	18.02	20.31	+ 2.50	86.42	76.68
85	Picea excelsa.	—	5	15	47	151.40	31.49	119.91	151.40	15.58	123.29	20.13	15.91	+ 3.48	67.70	85.66
86	Fraxinus aurea	—	10	15	48	187.02	38.90	148.12	186.12	29.66	149 79	6.67	9.24	+ 1.67		
87	Pistacia chia.	—	10	15	48	187.02	38.90	140.12	187.04	31.55	148.73	6.76	7.35	+ 0.61		

qui nous ont donné un excès d'acide carbonique émis. La différence entre les deux volumes gazeux expiré et inspiré était en tout cas bien inférieure à celle donnée par les rameaux de marronnier à une température de 30°. Nous n'avons cité dans le tableau VI qu'une partie de ces expériences.

Nous devons faire aussi remarquer que ce dégagement d'acide carbonique par les rameaux d'une même plante varie non seulement avec la température, mais encore avec la saison. 10 grammes de *Fraxinus aurea* en avril, à 15°, ont donné en 45 heures 16 cent. cubes d'acide carbonique. Au mois de janvier la quantité produite dans les mêmes conditions n'est plus guère que de 6 cent. cubes. Nous avons eu déjà occasion de signaler le fait dans la première partie de notre travail, nous ne faisons que le rappeler en passant. Le *Pistaciachia* exhale à la même température, en avril, 13 cent. cubes., en janvier, 6 cent. cubes. Le rapport même de l'acide carbonique émis à l'oxygène absorbé, peut varier avec la saison, ainsi que le montrent les expériences 76 et 87. Toutes les recherches qui n'ont pas été faites au printemps nous ont donné un excès d'oxygène absorbé.

Voulant nous rendre bien compte de cette influence de la température sur l'absorption de l'oxygène par les rameaux de marronnier à fleurs blanches, nous avons en 1878 repris ces expériences. Nous opérions alors sur des rameaux terminaux munis de leurs bourgeons ; les résultats sont consignés dans le tableau VII.

Tant que la température a été de 15° environ (expér. 88, 89, 90), il y a toujours eu prédominance du volume de l'oxygène absorbé sur celui de l'acide carbonique émis. Dans une de nos expériences (n° 91) qui a duré 30 heures, nous avons exposé l'éprouvette au soleil pendant trois heures. Nous avons constaté alors que pour $5^{c.c.},14$ d'oxygène pris, il y avait eu émission de $71^{c.c.},3$ d'acide carbonique. Dans ce cas, la plante s'use doublement, elle cède tout à la fois et le carbone et une partie de l'oxygène exhalé à l'état d'acide carbonique.

La chaleur lumineuse n'agit ici que par le calorique qu'elle fournit à la plante, car la chaleur obscure donne les mêmes résultats. A 40°, en deux heures, un rameau de marronnier de 20 grammes (n° 92) n'a absorbé que $1^{c.c.},35$ d'oxygène et il a émis $6^{c.c.},11$ d'acide carbonique. On voit donc que dans ce cas une élévation de température renverse complètement le phénomène. Suivant que l'on opérera à 30° ou 40°, il y aura prépondérance de l'action oxy-

dante ou de l'action réductrice. Nous pouvons en effet considérer comme un phénomène réducteur l'émission de cet excès d'acide carbonique, puisque des hydrates de carbone, comme l'amidon, le glucose ou la cellulose devront perdre par ce dégagement beaucoup plus d'oxygène que de carbone.

Ces recherches ont été étendues aux rameaux de conifères. Les résultats n'ont pas été cités dans ce mémoire, parce qu'ils sont peu concordants. Le phénomène se compliquait beaucoup. On sait que les rameaux de conifères renferment dans leur parenchyme fondamental de nombreuses cellules à chlorophylle. De plus, lorsqu'on coupe une aiguille attenant au rameau, la section ne tarde pas à se recouvrir d'une goutelette de liquide qui peut avoir une action sur l'oxygène qui se trouve en contact avec elle. M. Chatin [1] a démontré en effet que l'on pouvait extraire de certaines plantes, les orobanches par exemple, un liquide huileux qui au soleil absorbait de l'oxygène et émettait de l'acide carbonique. Il ne nous était donc pas permis d'expérimenter sur des rameaux de conifères ainsi mutilés.

Nous avons pensé qu'il était important d'étendre cette étude aux rameaux munis de leurs feuilles, et nous avons fait les expériences consignées dans le tableau n° VII.

Influence de la température sur le rapport de l'acide carbonique émis à l'oxygène absorbé.

Tout organe végétal vivant (graines en germination, bourgeon, feuille, rameau, fleur, racine) absorbe de l'oxygène et émet de l'acide carbonique. C'est là un fait général caractéristique de la vie. Existe-t-il un rapport simple entre les volumes des deux gaz inspiré et exhalé? Nos expériences tendent à démontrer qu'en général :

1° A basse température, il y a plus d'oxygène absorbé que d'acide carbonique émis.

2° Qu'il existe pour les végétaux une température variable avec l'espèce, pour laquelle le volume d'oxygène est à peu de chose près remplacé par un égal volume d'acide carbonique.

3° Que si l'on dépasse cette température la production de l'acide carbonique surpasse l'absorption d'oxygène.

1. *Sur la respiration des orobanches*, par M. Chatin. (*Bull. de la Société botanique de France*, III, 1856, p. 660.)

Prenons un exemple : le *Pinus pinaster* à 0° (exp. 1, tableau I) absorbe $7^{cc},77$ d'oxygène, émet $3^{cc},90$ d'acide carbonique ; c'est-à-dire pour 100 d'oxygène exhale 50 d'acide carbonique. A 13 degrés (exp. 3, tableau I) pour la même quantité d'oxygène, il émet 77 de gaz carbonique et à 40 degrés (exp. 96, tableau VII) il en dégage 114.

Pour les conifères en général c'est entre les températures de 30 et de 35 degrés que le dégagement d'acide carbonique égale l'absorption d'oxygène. Lorsque pour des plantes de cette famille on arrive à des températures de 40 ou 42 degrés, le dégagement d'acide carbonique surpasse l'absorption d'oxygène. Nous citerons les expériences faites sur le *Pinus excelsa*, le *Pinus pinaster*, l'*Abies pinsapo* et l'*Abies normadiana.*

A 38 degrés, il y a pour 100 d'oxygène absorbé, 122 d'acide carbonique produit par l'*Abies pinsapo*, 107 par le *Pinus excelsa* et 108 par l'*Abies normadiana.*

Nons devons faire remarquer que ce rapport même, de la quantité d'oxygène absorbé à la quantité d'acide carbonique émis, varie pour la même plante avec son état de santé et avec son plus ou moins grand développement. C'est ainsi que des rameaux de *Pinus excelsa* cultivés au Muséum et un peu souffreteux nous donnaient à 40 degrés des quantités d'acide carbonique bien supérieures, par rapport à 100 d'oxygène, à celles données par des individus sains et vigoureux cultivés à quelques lieues de Paris.

Cette température extrême au-delà de laquelle la production d'acide carbonique surpasse l'absorption d'oxygène varie singulièrement d'une espèce à l'autre. Si nous opérons sur les conifères, plantes en général des pays froids, une température de 40 degrés sera suffisante pour déterminer le dégagement d'un excès d'acide carbonique. Au contraire, une plante des pays chauds, comme l'*Eucalyptus globulus*, ne nous donnera guère à 40 degrés qu'un volume de gaz carbonique égal à celui de l'oxygène inspiré.

Jetons un coup d'œil sur les expériences 107, 108 et 109, du tableau VII : à 0 degré, pour 100 d'oxygène, l'*Eucalyptus* produit 69 d'acide carbonique, à 14 degrés 74, à 40 degrés 92.

Le *Ficus elastica* qui à 15 degrés absorbe plus d'oxygène qu'il n'émet d'acide carbonique, donne au contraire un petit excès de ce dernier gaz à 40 degrés (expérience 105, tableau VII). Il en est de même pour l'*Evonimus japonicus* à 41 degrés (expérience 102). Le

TABLEAU VII.

Nos D'ORDRE.	DATE de l'expérience.	NATURE DE LA PLANTE employée.	INTENSITÉ de la LUMIÈRE.	POIDS des organes mis en expérience.	TEMPÉRATURES.	DURÉE DE L'EXPÉRIENCE en heures.	VOLUME PRIMITIF.			VOLUME FINAL.				OXYGÈNE ABSORBÉ.	AZOTE APPARU.
							VOLUME total.	OXYGÈNE.	AZOTE.	VOLUME total.	OXYGÈNE.	AZOTE.	ACIDE carbonique.		
88	9 janvier....	Rameau marronnier.....	Obscurité.	gr. 10	° 15	48	187.02	38.90	148.12	187.04	28.36	150.25	8.43	10.54	+ 2.13
89	11 —	—	—	10	14	28	184.28	38.33	145.95	183.90	33.45	148.07	2.38	4.88	+ 2.12
90	29 mars......	—	Lumière diffuse.	5	15	24	187.17	38.91	148.26	186.57	31.99	150.02	4.56	6.92	+ 1.76
91	30 mars......	—	3 heures soleil..	5	15	30	188.45	39.19	149.26	192.43	34.05	151.25	7.13	5.14	+ 1.99
92	10 décembre..	—	Obscurité.	21	40	2	148.34	30.85	117.49	154.79	20.48	119.20	6.11	1.37	+ 1.71
93	5 novembre..	Gingko biloba rameau et feuilles.....	—	10.7	40	3 1/2	173.01	36.02	136.99	173.76	22.82	138.15	12.70	13.20	+ 1.16
94	9 novembre..	Pinus excelsa.	—	26.9	40	2	154.86	32.21	122.65	162.15	12.31	125.33	24.51	19.90	+ 2.68
95	4 décembre..	—	—	12	38	2 1/2	148.61	30.91	117.70	149.45	17.22	117.54	14.00	13.60	— 0.16
96	9 novembre..	Pinus pinaster.	—	26.4	40	2	157.69	32.80	124.89	161.21	6.45	124.59	30.17	26.35	— 0.30
97	4 décembre..	Abies pinsapo.	—	12.5	38	2 1/2	141.18	20.36	111.82	143.87	18.17	111.94	13.70	11.19	+ 0.12
98	20 décembre..	Cerasus Laurocerasus.....	—	14.5	0	24	149.10	31.01	118.09	148.18	26.13	118.23	3.82	4.88	+ 0.14
99	19 novembre..	Cerasus Laurocerasus.	—	9.1	41	3 1/2	150.35	31.27	119.08	149.37	16.09	120.35	12.93	15.18	+ 1.27
100	16 novembre..	Evonimus japonicus	—	11.7	38	2	142.65	29.67	112.98	142.33	18.07	113.17	11.09	11.60	+ 0.19
101	—	—	—	10.6	38	2	157.47	32.75	124.72	158.97	22.99	126.74	9.24	9.76	+ 2.02
102	19 novembre..	—	—	15.7	41	3 1/2	150.35	31.27	119.08	153.15	7.47	119.49	26.19	23.80	+ 0.41
103	16 novembre..	Ailanthus glandulosus.....	—	3.8	38	2	146.36	30.44	115.92	146.95	18.36	116.58	12.08	12.01	+ 0.66
104	10 décembre..	Abies normadiana......	—	16.5	38	2	148.34	30.85	117.49	149.55	21.58	117.81	10.16	9.27	+ 0.32
105	5 janvier....	Ficus elastica.	—	18	40	2	148.68	30.92	117.76	151.39	25.05	119.97	6.37	5.87	+ 2.21
106	5 janvier....	Benthamia fragifera......	—	9	40	2	148.68	30.92	117.76	148.00	23.90	118.83	6.37	7.02	+ 0.57
107	4 janvier....	Eucalyptus globulus......	—	14	0	24	150.21	31.24	118.97	151.80	25.80	122.24	3.76	5.44	+ 3.27
108	11 —	—	—	3.5	14	28	184.28	38.33	145.95	182.03	30.08	145.78	6.17	8.25	— 0.17
109	5 —	—	—	13	40	2	184.68	30.92	117.76	149.53	20.01	119.43	10.09	10.91	+ 1.67

Cerasus Laurocerasus à 0 degré, pour 100 d'oxygène, émet 78 d'acide carbonique, à 41 degrés il en dégage 85 (exp. 98, 99).

On est conduit à se demander si à l'obscurité, toutes les parties d'un végétal maintenues à des températures inférieures à 20 degrés absorbent en général plus d'oxygène qu'elles n'émettent d'acide carbonique. Toutes les expériences que nous avons faites sur ce sujet sont concordantes.

On sait par exemple que les racines des plantes absorbent de l'oxygène et émettent de l'acide carbonique. MM. PP. Dehérain et J. Vesque [1] ont encore appelé récemment l'attention sur ce fait qu'une racine respire comme les autres organes végétaux quand la fonction chlorophyllienne n'est pas en jeu. M. Corenwinder [2] a même démontré que ce dégagement d'acide carbonique augmentait lorsque la température s'élevait ou que les feuilles venaient à tomber. Enfin, depuis Saussure, on connaît ce fait que des racines séparées de leur tige donnent de plus grandes quantités d'acide carbonique que lorsqu'elles sont liées au végétal qu'elles supportent.

Nous avons pris une racine de buis, nous l'avons placée dans une de nos éprouvettes, en contact avec de l'air atmosphérique et au bout de 45 heures, nous avons mis fin à l'expérience. La température avait été de 15 degrés.

	Gaz primitif.	Gaz final.	Différences.
Volume total...........	236.65	235.30	— 1.35
Oxygène...............	51.37	31.59	— 19.78
Acide carbonique.......		13.07	+ 13.07
Azote..................	184.28	190.64	+ 6.36

Pour $19^{cc},78$ d'oxygène pris il s'est dégagé $13^{cc},07$ d'acide carbonique. On voit donc encore que pour une racine de buis séparée de la tige et maintenue dans l'obscurité il y a, à 15 degrés, plus d'oxygène pris que d'acide carbonique exhalé.

Nous n'avons pas voulu répéter cette expérience à 40 degrés, estimant que les conditions physiologiques de vie d'une racine ne permettent pas une semblable élévation de température.

Nous avons démontré précédemment que les rameaux se comportaient comme les feuilles. Il y a donc dans la respiration végétale

1. P.-P. Dehérain et J. Vesque, *Sur la respiration des racines.* (*Ann. sciences nat.*, t. III, p. 827, 1876. *Ann. agron.*), t. II, p. 512.

2. *Annales agronomiques*, t. II, p. 575.

comme dans la respiration animale une variation dans le rapport de l'oxygène consommé et de l'acide carbonique exhalé. Les travaux classiques de W. Edwards [1] ont depuis longtemps démontré ce fait, déjà signalé par Lavoisier, que le volume d'oxygène absorbé par un animal est en général plus grand que le volume de l'acide carbonique exhalé. En 1821, M. W. Edwards constata non-seulement que la proportion entre l'oxygène qui disparaît et l'acide carbonique produit est très-variable mais que ces variations sont si grandes que tantôt la différence est presque nulle, tandis que d'autres fois ce dernier gaz ne représente pas les deux tiers du premier. Ce savant physiologiste a démontré combien grande était l'influence de l'espèce et du régime sur ce dégagement et cette absorption de gaz.

Mais c'est surtout si nous comparons la respiration végétale à celle des animaux à sang froid que nous rencontrons une coïncidence remarquable. Nous savons qu'une élévation de température active non seulement la production de l'acide carbonique dans les végétaux, mais encore augmente la proportion de l'acide carbonique produit par rapport à l'oxygène pris. Or, M. Milne-Edwards faisant, dans ses belles leçons sur la physiologie, l'analyse des travaux de Regnault et Reiset, s'exprime ainsi : « Pour les animaux à sang froid, l'excitation produite par l'action peu prolongée de la chaleur paraît augmenter la production relative de l'acide carbonique. Ainsi, on voit que, dans les expériences de MM. Regnault et Reiset, faites en mars, quand la température était de 7 degrés, la proportion de l'acide carbonique exhalé était à celle de l'oxygène consommé par des lézards comme 73 est à 100 ; tandis que dans une autre série d'expériences faites en mai par une température de 23 degrés, elle s'est élevée à 75 pour cent [2].

Pour les animaux à sang chaud, le phénomène est inverse. M. W. Edwards a prouvé que l'action tonique du froid augmente la part affectée à la combustion du carbone dans l'emploi de l'oxygène absorbé; la respiration croît à mesure que la température s'abaisse. Ce phénomène est fatal; pour que la température de l'animal reste constante, la combustion, source de chaleur, doit croître au fur et à mesure que les déperditions de calorique augmentent. Il n'en est plus de même pour les animaux à sang froid; et c'est justement ce

1. W. Edwards, *Influence des agents physiques sur la vie*, p. 417.
2. *Leçons sur la physiologie*, par M. H. Milne-Edwards, t. II, p. 588.

qui nous permet la comparaison des deux respirations végétale et animale.

Ainsi, non seulement les végétaux comme les animaux à sang froid fixent de l'oxygène et émettent de l'acide carbonique, non-seulement le dégagement de ce dernier gaz croît dans les deux cas avec la température, mais la similitude est plus profonde encore, car la chaleur agira sur les uns et sur les autres de façon à faire varier dans le même sens les rapports des gaz absorbé et émis.

De la formation des corps pauvres en oxygène.

Ces résultats nous conduisent à envisager cette émission d'acide carbonique comme provenant des réactions qui prennent naissance entre les différents principes immédiats et qui lorsque la température s'élève aboutissent à la formation de composés pauvres en oxygène ou même complètement dépourvus de ce corps simple.

Si la respiration végétale n'était qu'une simple transformation d'un volume donné d'oxygène en un même volume d'acide carbonique, on comprendrait que cette émission de gaz carbonique fût fonction de la température, mais dans tous les cas le rapport de l'acide carbonique émis à l'oxygène absorbé devrait être constant. Or, il n'en est rien. Puisque en élevant la température nous favorisons le dégagement d'acide carbonique bien plus que l'absorption d'oxygène, il doit donc se produire dans l'intérieur du végétal des réactions particulièrement favorisées par la chaleur obscure, réactions qui ont pour but de produire des composés pauvres en oxygène.

L'exemple que nous donne le pin maritime est excellent pour la démonstration qu'il s'agit d'entreprendre. On sait en effet que cette plante fournit de la résine très-pauvre en oxygène et un carbure d'hydrogène, l'essence de térébenthine. Or, dans les feuilles de cette plante comme dans celles de toutes les autres, l'acide carbonique est décomposé en donnant un volume d'oxygène égal au sien ; il est donc probable qu'il se produit dans les aiguilles de pin une substance de la forme $C^{12}H^{12}O^{12}$, un corps renfermant du carbone plus les éléments de l'eau, un hydrate de carbone. Partant de cette matière pour arriver à l'essence de térébenthine, il faut que l'oxygène qui existait primitivement dans ces hydrates de carbone, formés sous l'influence du soleil, soit éliminé, et cette élimination ne se produit pas à l'état

libre puisque, nous le répétons, les nombreuses expériences de M. Boussingault ont démontré que pour un volume d'acide carbonique disparu pendant l'insolation, il apparaît un volume d'oxygène à peu près égal. Si l'oxygène n'est pas éliminé à l'état libre, il doit l'être sous forme d'une combinaison très-riche en oxygène, c'est-à-dire sous forme d'eau ou d'acide carbonique. Le raisonnement nous conduit donc, comme l'expérience qui a lieu à une température de 40°, à conclure que l'acide carbonique émis par les feuilles provient de ces réactions internes qui ont pour effet la production de composés pauvres en oxygène ou même de carbures d'hydrogène.

Il est bien clair en effet, d'après les expériences précédentes que l'acide carbonique émis ne provient pas uniquement d'une combustion due à l'oxygène atmosphérique, puisque, dans la plupart de ces expériences exécutées à 40°, la quantité d'acide carbonique dégagé s'est trouvée supérieure à la quantité d'oxygène consommé.

De la respiration végétale au soleil.

On nous objectera sans doute que dans les conditions normales de végétation à l'obscurité, la température ne s'élève jamais dans nos climats à 38 ou 40°. Nous ferons remarquer que la respiration ne se produit pas seulement la nuit. Bien qu'elle soit masquée par le phénomène de nutrition, par la décomposition de l'acide carbonique, par la chlorophylle, elle n'en existe pas moins le jour au soleil. Lorsqu'un rayon lumineux vient frapper un organe végétal, nous avons à considérer plusieurs radiations. Les unes, très-réfrangibles, agissent surtout pour déterminer soit les mouvements intérieurs du protoplasma [1] soit les mouvements extérieurs des plantes [2]. Les

1. Famintzin, *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. VII, p. 203. — M. Famintzin a démontré que les grains de chlorophylle exécutent normalement et tous les jours, dans les cellules des feuilles du mnium, un changement de position : 1° ils occupent pendant le jour la face supérieure et la face inférieure de la cellule et s'appliquent à leurs parois latérales pendant la nuit; 2° cette migration des grains de chlorophylle s'effectue uniquement sous l'influence de la lumière; 3° la position diurne des grains de chlorophylle ne se produit que par les rayons les plus réfrangibles de la lumière artificielle; la lumière jaune agit comme l'obscurité.

Borodin, *Mélanges biologiques de Saint-Pétersbourg*, VI, 1867. — Prillieux, *Comptes rendus*, 1870.

2. Sachs, *Physiologie végétale*.

Paul Bert, *Comptes rendus*, 1878, t. LXXXVII.

radiations qui sont absorbées par la chlorophylle agissent suivant leur énergie pour opérer la réduction de l'acide carbonique [1]. Enfin, les rayons les moins réfrangibles, les radiations calorifiques obscures excitent plus particulièrement les phénomènes de respiration. Cette chaleur obscure à cause de l'énorme pouvoir absorbant des substances végétales (pouvoir absorbant qui pour les feuilles est presque égal à celui du noir de fumée [2], vient activer d'une façon toute spéciale la combustion interne accusée par un dégagement d'acide carbonique. Ainsi c'est non seulement la nuit mais surtout le jour, sous l'action de la chaleur obscure des rayons solaires, que se produiront de plus grandes quantités d'acide carbonique qui, aussitôt décomposées par la chlorophylle, ne permettront pas de constater leur apparition. En même temps que s'opérera la décomposition de l'acide carbonique, la respiration sera activée.

On sait que, depuis 1852, M. Garreau a complètement séparé les phénomènes de respiration diurne et nocturne, faisant rentrer plus, spécialement les premiers dans les fonctions de nutrition; mais pour que cette théorie subsiste tout entière, pour que la respiration ait bien un caractère général, il faut deux choses: 1° Que tout organe dépourvu de chlorophylle donne à l'obscurité ou au soleil des quantités d'acide carbonique qui croîtront avec la température. Cette condition est parfaitement remplie puisque des pétales de fleurs, puisque des rameaux dont l'écorce renferme très peu de chlorophylle dégagent, soit à l'ombre, soit au soleil, un volume d'acide carbonique d'autant plus grand que la température est plus élevée. Les expériences de M. Lory sur la respiration des orobanches ont depuis longtemps établi ce fait [3].

2° Il faut, d'après nos expériences, qu'à une température de 40°, au soleil, lorsque le volume de l'acide carbonique produit par la respiration est supérieur à celui de l'oxygène absorbé, on trouve, dans un mélange d'air et d'acide carbonique en contact avec une feuille, plus d'oxygène produit que d'acide carbonique décomposé.

En effet, si nous plaçons des feuilles au soleil à 20°, dans un mé-

1. Timiriazeff, *Annales de chimie et de physique* et *Comptes rendus*, 1877.

2. Maquenne, *Comptes rendus*, LXXX, 1875.

3. A toute époque de leur végétation, toutes les parties des orobanches, soit à la lumière solaire, soit dans l'obscurité, absorbent l'oxygène et dégagent à sa place de l'acide carbonique. Lory, *Respiration et structure des orobanches*. (*Ann. sciences nat.*, 3e série, t. VIII, p. 158.)

lange d'air et d'acide carbonique, ce dernier gaz sera décomposé dans les cellules à chlorophylle ; mais, en plus de ce gaz carbonique qui vient de l'extérieur, il y en aura une petite quantité produite par la respiration. Seulement, comme à cette température la respiration demande autant d'oxygène qu'elle émet d'acide carbonique, et cet acide carbonique étant décomposé et remplacé par un égal volume d'oxygène, le volume total, à la fin de l'expérience, sera ce qu'il était au commencement. En un mot la respiration prendra un volume donné d'oxygène à l'atmosphère ambiante, et la nutrition lui rendra le même volume d'oxygène.

Faisons la même expérience à 40°. A cette température, nous avons démontré que, par la respiration, certaines feuilles émettent un volume d'acide carbonique supérieur à celui de l'oxygène absorbé. Dans ces conditions, nous devrons trouver plus d'oxygène produit que d'acide carbonique absorbé. Le volume du gaz devra augmenter.

Or, c'est justement ce qu'a démontré M. Boehm dans son mémoire sur la respiration des plantes terrestres[1]. Il plaçait des feuilles de *Juglans regia* dans une atmosphère d'hydrogène et d'acide carbonique; il faisait l'analyse du gaz au bout de 20 minutes, de façon à tenir compte des petites quantités d'oxygène et d'acide carbonique amenées par la feuille. Il plaçait l'éprouvette contenant le tout au soleil et, à la fin de l'expérience, il mesurait le volume du gaz et en faisait l'analyse. Dans ces conditions, l'augmentation de volume de la masse gazeuse était très faible, mais constante. M. Boehm a opéré sur huit espèces de feuilles différentes.

Il dit, du reste, au commencement de son mémoire que, dans toutes ses expériences faites au soleil, la somme de l'acide carbonique restant et de l'oxygène dégagé était toujours trop forte comparativement à l'acide carbonique employé. Cela tient, selon nous, à ce que la respiration végétale au soleil donne un volume d'acide carbonique plus grand que celui de l'oxygène inspiré. C'est en effet ce que nous avons obtenu avec des organes végétaux contenant peu de chlorophylle comme les rameaux de marronnier.

Ces rameaux terminaux ne sont pas du reste les seuls organes capables de dégager de l'acide carbonique au soleil. Depuis longtemps M. Garreau a démontré que les bourgeons se conduisent de la même

1. *Respiration des plantes terrestres* (*Ann. sciences nat.*, 5e série, XIX).

façon. Lorsque dans une jeune pousse il n'y a pas assez de chlorophylle pour décomposer tout le gaz carbonique qui se produit dans les phénomènes de la respiration, activée par la chaleur solaire, il peut se dégager en même temps et de l'acide carbonique et de l'oxygène, ainsi que l'a parfaitement constaté M. Corenwinder[1], dans un travail inséré aux *Annales des sciences naturelles*. Nous ne pouvons faire mieux que de citer textuellement les résultats consignés dans ce mémoire.

« Le 9 avril, six jeunes pousses de pivoine entièrement rouges, et dont les feuilles n'étaient pas encore développées, donnèrent au soleil, dans de l'eau chargée d'acide carbonique, une proportion très-sensible d'oxygène.

» Au même instant, six pousses entièrement pareilles aux précédentes, mises dans la cloche de mon appareil, expirèrent en plein air de l'acide carbonique à l'ombre et au soleil.

» Le 30 avril 1865, je fis une expérience de même nature sur de jeunes pousses de pommes de terre ayant environ 7 centimètres de hauteur, et j'acquis la conviction en opérant comme précédemment qu'elles exhalaient en même temps de l'oxygène et de l'acide carbonique. »

Ce sera donc sous l'action des radiations calorifiques, lumineuses et surtout obscures, émanant du soleil, que les phénomènes de respiration seront activés.

De la production de l'acide carbonique dans une atmosphère ne contenant plus d'oxygène.

En 1847, M. Lory avait remarqué que, dans une atmosphère d'hydrogène pur en l'absence de l'oxygène, des plantes ne contenant point de chlorophylle, comme les orobanches, continuaient à dégager de l'acide carbonique et un peu d'azote.

Depuis on a étendu ces recherches à tous les végétaux, et M. Dehérain et l'auteur de ce mémoire ont vu qu'une feuille quelconque placée dans une atmosphère d'azote ou d'acide carbonique cherchait dans la combustion de ses propres éléments la chaleur nécessaire à l'entretien de la vie. L'animal ne peut respirer qu'avec l'oxygène

1. Corenwinder, *Recherches chimiques sur la végétation*. (*Ann. sc. nat.* 5e série, t. VII, p. 375.)

libre, une feuille au contraire peut continuer à dégager de l'acide carbonique dans un milieu qui ne renferme plus d'oxygène.

D'après M. Boehm, la formation immédiate d'acide carbonique par les plantes terrestres fraîches dans une atmosphère privée d'oxygène est tellement constante que, lorsque le volume du gaz dans lequel on les enferme reste le même, il faut nécessairement en conclure qu'ou bien les gaz employés contiennent de l'oxygène ou que la plante est morte.

MM. Lechartier et Bellamy étudiant ce phénomène au point de vue chimique, démontrèrent que les cellules d'une feuille soustraite à l'action de l'oxygène de l'air agissaient comme la levûre de bière en présence du glucose et donnaient de l'alcool et de l'acide carbonique. Plus récemment, M. Müntz, en expérimentant sur des plantes entières dans une atmosphère d'azote, c'est-à-dire en se mettant dans les meilleures conditions physiologiques possibles, a démontré par une méthode très-élégante que non-seulement une plante formait de l'alcool à l'abri de l'oxygène, mais encore que la vie n'était en rien altérée, lorsque, après un séjour de 48 heures dans l'azote, le végétal était replacé dans des conditions normales.

Dans toutes nos recherches sur la respiration, nous avons vu, quel que soit l'organe mis en expérience, fleur, feuille, bourgeon, rameau, qu'aussitôt que l'oxygène venait à manquer, le dégagement d'acide carbonique continuait, et que, comme dans la respiration végétale proprement dite, il semblait lié à la température.

Plus la température était élevée et plus il y avait d'acide carbonique produit; à 0 degré ce dégagement était très-faible. Nous avons fait remarquer aussi à propos de la respiration des pétales qu'il était lié à l'état de santé des organes mis en expérience.

Cette formation d'acide carbonique par la cellule vivante des végétaux est donc tout à fait générale. Chaque fois que dans nos appareils, l'oxygène venait à manquer (lorsque les expériences par exemple avaient une trop longue durée), le volume d'acide carbonique dégagé continuait à s'accroître. La plante se brûlait pour vivre. Elle fournissait tout à la fois et le carbone et l'oxygène.

Comparaison de l'activité respiratoire entre les feuilles, les bourgeons et les rameaux.

Il nous a paru intéressant de comparer entre eux les volumes d'acide carbonique dégagés par les différentes parties d'un végétal. Pour le marronnier, le maximum de dégagement d'acide carbonique a lieu au moment de l'épanouissement des bourgeons, alors que les jeunes feuilles sont encore d'un vert tendre et qu'elles se développent avec une énorme rapidité.

100 grammes de rameaux de marronnier en 10 heures donnent à 20 degrés au mois de décembre 20^cc^ d'acide carbonique, en août à 17 degrés, 27^cc^. Les bourgeons dans les mêmes conditions de poids et de durée donnent en avril à 15 degrés, un peu avant leur épanouissement, 120^cc^; enfin lorsqu'ils s'ouvrent dans l'éprouvette, ils exhalent environ 160^cc^. Les jeunes feuilles formées quelques jours après fournissent encore 155^cc^.

Si l'on prend en janvier un rameau muni de ses deux bourgeons terminaux à fleurs et qu'on la fasse respirer comme il a été dit plus haut à la température de 15 degrés, on obtiendra par 100 grammes en 10 heures 17^cc^ d'acide carbonique. La vie est comme engourdie, la respiration est des plus faibles. Au mois d'avril, lorsque les gaz diminuent à l'intérieur du rameau et que la sève augmente, lorsque les bourgeons se gonflent et que les matières de réserve sont transformées, 100 grammes en 10 heures, exhaleront, à la même température de 15 degrés, 76^cc^,28. Le volume est plus de quatre fois supérieur à celui obtenu en janvier. Ainsi, au retour du printemps, lorsque le rameau reçoit une somme de chaleur beaucoup plus grande qu'en hiver, il y a une recrudescence de vie qui se traduit par un accroissement de la respiration. Avant que la jeune feuille sorte du bourgeon, le rameau terminal est le siége de réactions favorisées par la chaleur obscure, réactions qui atteignent alors leur maximum, car le même rameau un mois après, lorsque les feuilles sont complétement épanouies, respirera avec une énergie beaucoup moindre.

Ce ne sont donc pas seulement les bourgeons qui donneront de plus grandes quantités d'acide carbonique au retour du printemps, mais bien aussi les rameaux terminaux.

Le dégagement de l'acide carbonique n'est pas directement lié à l'absorption de l'oxygène.

La plante, par l'effet de la respiration, absorbe un volume déterminé d'oxygène; si elle émettait un même volume d'acide carbonique et qu'il y eut égalité entre les volumes de gaz absorbé et émis, on pourrait croire que l'on est en présence d'une simple combinaison du carbone de la plante avec l'oxygène de l'air. Mais il n'en est pointainsi. Le rapport des volumes de gaz inspiré et exhalé varie avec la température, avec l'espèce, avec l'état de vigueur de la plante. S'il y a absorption d'un excès d'oxygène, il doit se produire logiquement des phénomènes d'oxydation, une partie de l'hydrogène peut être brûlée et donner de l'eau, des acides végétaux peuvent se former.

Si, à 30 degrés, nous plaçons 30 grammes de très jeunes feuilles de marronnier dans l'appareil décrit dans la première partie de ce mémoire, que nous fassions pendant 3 heures circuler un courant d'air ayant passé dans une solution de potasse, nous obtiendrons 153 milligrammes d'acide carbonique. Les feuilles se trouvent dans des conditions normales, elles fixent de l'oxygène, en même temps elles émettent de l'acide carbonique. Sans toucher à notre appareil, nous faisons passer pendant 3 heures sur les mêmes feuilles et à la même température, un courant d'azote pur; nous supprimons l'action oxydante, si les deux phénomènes étaient intimement liés, nous ne devrions plus trouver que de très-petites quantités d'acide carbonique provenant des méats intercellulaires. Dans cette seconde partie de l'expérience nos tubes à potasse ont augmenté de 66 milligrammes. Le dégagement a diminué, mais il se produit encore de notables proportions d'acide carbonique.

Et l'on ne peut pas dire que la fermentation alcoolique intracellulaire se produit, car le phénomène est tout à fait différent. Si l'on laisse, en effet, le courant d'azote continuer, on recueillera des quantités d'acide carbonique de plus en plus faibles; on arrivera ainsi jusqu'à un minimum, puis la production de l'alcool accompagnée du dégagement d'acide carbonique commencera alors et ira toujours en croissant jusqu'à l'épuisement complet de la plante, jusqu'à la mort.

Lorsque l'on vient à supprimer tout à coup l'oxygène qui entoure un végétal, le dégagement de l'acide carbonique ne dimiuue que lentement, au fur et à mesure que les réactions, qui lui donnent naissance, décroissent en vertu des conditions anormales dans lesquelles il se trouve placé.

Faisons pénétrer un rameau de marronnier à fleurs rouges, muni de ses bourgeons dans le même appareil, à la température de 34 degrés. Pendant deux heures on laisse passer un courant d'air; nous recueillons 118 milligrammes de gaz carbonique; nous remplaçons l'air par un courant continu d'azote et nous obtenons 114 milligrammes. C'est à peine si le dégagement a diminué. Cela se comprend; l'expérience a été faite le 4 mai, à ce moment, comme nous l'avons dit plus haut, où il y a recrudescence de l'énergie vitale; la respiration est notablement exaltée, la transformation des matériaux de réserve se fait, les réactions continuent, bien que s'affaiblissant un peu, après le départ de l'oxygène.

Et ces réactions, source de l'acide carbonique, vont en diminuant de plus en plus dans l'obscurité même en présence de l'oxygène. C'est ainsi que si nous ramenons pendant 2 heures le courant d'air, nous n'obtenons plus que 109 milligrammes.

Ce dernier fait est général, nous avons placé des feuilles de *Ficus elastica* dans notre appareil et nous avons remarqué que, dans un courant d'air, la température restant constante, le dégagement d'acide carbonique allait toujours en diminuant. M. Borodin [1] a démontré qu'il suffisait alors d'une insolation en présence de l'acide carbonique pour rendre au végétal son activité première pour une température donnée. On voit donc bien que, lorsque les matériaux fabriqués par les cellules sous l'influence de la lumière solaire viennent à diminuer, le dégagement d'acide carbonique diminue aussi. Ce dégagement est donc le résultat des réactions qui se passent dans l'intérieur du végétal.

Après avoir ainsi multiplié les expériences, nous avons cherché à les interpréter et à éclairer cette question: Quelle est l'utilité de cette combustion interne qui s'accuse par l'absorption d'oxygène et l'élimination de l'acide carbonique?

Il nous a semblé que les notions que la science possède aujourd'hui sur le rôle de la chaleur, sur ses métamorphoses, nous per-

1. *Ann. agronomiques*, t. IV, p. 607.

mettaient d'esquisser l'ensemble des phénomènes de respiration. On conçoit que, si la décomposition de l'acide carbonique et de l'eau est nécessaire pour fournir la matière même employée dans la fabrication du glucose ou d'une substance analogue [1], principe immédiat dont paraissent dériver tous les autres, que si l'intervention de la chaleur lumineuse est suffisante pour déterminer sa formation, la production de tous les autres principes immédiats qui ont lieu par oxydation (acides végétaux), par combinaison ou élimination d'eau (sucre de canne, amidon, cellulose), qui ont lieu par élimination d'acide carbonique (corps gras pauvres en oxygène, résines, huiles essentielles), exigeait l'intervention de la chaleur obscure, non-seulement puisée dans le soleil, mais encore dans la série de combustions internes mises en relief par l'absorption d'oxygène et le dégagement d'acide carbonique.

Sous l'influence de la lumière solaire la plante décompose l'acide carbonique et l'eau, elle évapore de l'eau et transporte d'un point à l'autre la matière qu'elle a ainsi produite [2]; mais cette matière doit être transformée, elle doit devenir sucre, amidon, cellulose, corps gras, etc., une foule de métamorphoses se produisent, exigeant que de la chaleur soit mise en jeu; cette chaleur est non-seulement fournie par le soleil, mais aussi par les combustions dont la plante est le siége; tandis que la nutrition s'arrête quand le soleil disparaît au-dessous de l'horizon, le phénomène de respiration continue dans l'obscurité. Les métamorphoses nécessaires à la formation des nouveaux principes immédiats sont encore provoquées

1. Nous partageons l'opinion de M. Boehm qui ne croit pas que l'amidon soit le premier hydrate de carbone formé dans les cellules; quand on pense à la petite quantité d'acide carbonique décomposé par un grain de chlorophylle d'une plante saine pendant cinq ou six minutes ou même pendant une heure et demie, dans les conditions les plus favorables; quand on considère que déjà, à la température de dix degrés centigrades, le dégagement d'oxygène par les feuilles de noyer insolées, est très-faible; qu'enfin la quantité d'acide carbonique qu'il faut pour fournir le carbone nécessaire à la fabrication de l'amidon, formé en si peu de temps, est relativement élevée, on ne peut pas se défendre du doute que, dans les cas observés par M. Famintzin et Krans, l'amidon, devenu visible, provienne de l'acide carbonique, décomposé avant l'expérience par la chlorophylle vide d'amidon. (Boehm, *Respiration des plantes terrestres.*)

Depuis cette époque, M. Boehm a publié un nouveau travail sur ce sujet. Il estime que l'amidon qui apparaît dans les grains de chlorophylle à la lumière solaire, n'est pas entièrement dû à la décomposition de l'acide carbonique. (*Ann. agron.* t. III, p. 142.)

2. *Recherches sur l'assimilation des substances minérales par les plantes.* (PP. Dehérain. *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. VIII, p. 145 et *Comptes rendus*).

pendant la nuit par la combustion interne et l'accroissement de la plante n'est pas arrêté.

Bien plus, il arrive souvent que c'est après le coucher du soleil que l'accroissement est le plus rapide [1]. La plante met en œuvre les matériaux élaborés pendant la journée. Et l'on comprend que si l'obscurité dure trop longtemps, le premier principe immédiat formé venant à diminuer, les réactions alors perdent de leur intensité, la respiration s'affaiblit. Une nouvelle insolation est nécessaire pour que la plante reprenne sa première activité.

Si l'émission d'oxygène pendant le jour est l'indice que la plante élabore au moyen de l'acide carbonique et de l'eau la matière première de tous ses tissus, le dégagement d'acide carbonique particulièrement visible pendant la nuit prouve que cette matière première est transformée et que le foyer qui l'anime est en pleine activité.

Telles sont les idées que nos recherches nous ont suggérées. L'importance de la question que nous avons essayé de traiter justifie le grand nombre d'expériences que nous avons exécutées. Le sujet est loin d'être épuisé. Les deux phénomènes de l'assimilation du carbone et de la respiration au soleil doivent être séparés et le dernier doit être spécialement étudié. La quantité d'eau produite et décomposée dans ces diverses réactions doit être déterminée. La question n'est qu'effleurée ; nous espérons par la suite continuer ces recherches et les compléter si cela nous est possible.

Conclusions.

1° Tout organe végétal vivant absorbe l'oxygène de l'air et émet de l'acide carbonique.

1. M. Duchartre a constaté par des mesures prises en août et septembre que pour la vigne, le fraisier, la passerose, le houblon, parmi les dicotylédones, ainsi que pour deux variétés horticoles de glaïeuls parmi les monocotylédones, l'allongement de la tige était en général plus considérable entre six heures du soir et six heures du matin, c'est-à-dire pendant la période nocturne, qu'entre six heures du matin et six heures du soir, ou pendant la période diurne. La différence qu'il a mesurée a été plusieurs fois du double au simple, quelquefois même du triple au simple. (*Comptes rendus*, LXII, 1866, p. 815.)

Nous ne prétendons pas que la croissance en longueur soit liée intimement à la respiration. Nous citons les expériences de M. Duchartre, pour bien démontrer qu'à l'obscurité la vie végétale conserve son intensité, grâce à la combustion d'une partie du carbone de la plante.

2° L'émission de l'acide carbonique dans la respiration végétale n'est point directement liée à l'absorption de l'oxygène.

3° En général, à basse température, il y a plus d'oxygène absorbé que d'acide carbonique émis. Il existe pour les végétaux une température, variable avec l'espèce, pour laquelle le volume d'oxygène est à peu de chose près remplacé par un égal volume d'acide carbonique. Si l'on surpasse cette température, la production de l'acide carbonique dépasse l'absorption de l'oxygène.

STATION AGRONOMIQUE DE GRIGNON.

CLIMATOLOGIE DU 1er DÉCEMBRE 1877 AU 1er DÉCEMBRE 1878

PAR

A. POURIAU,

Docteur ès sciences, professeur à l'École de Grignon

et

SÉGUIN,

Préparateur.

OBSERVATOIRE DE GRIGNON.

Latitude	48° 50′ 55″
Longitude	0° 23′ 47″
Altitude du sol	84m,45
Altitude de la cuvette du baromètre	85m,41

RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES[1]

Faites à l'École de Grignon pendant l'année 1877-1878.

MOIS.	TEMPÉRATURE moy.	TEMPÉRATURE maxim.	TEMPÉRATURE minim.	PLUIE en millim.	ÉVAPORATION en millim.	DEGRÉS hygromètr.	VENTS dominants.	BAROM. à zéro.
Décembre 1877	2.97	6.80	—0.35	44.8	7.3	88	O. S.-O.	756.5
Janvier 1878.	1.90	5.67	—1.68	29.2	1.5	86	O. N.-O.	758.2
Février —	4.68	8.99	0.97	21.7	2.1	89	N. N.-E.	760.9
Mars —	6.12	11.05	1.14	55.1	6.4	85	N. N.-O.	753.6
Avril —	11.07	16.92	4.96	75.2	118.7	78	O. S.-O.	747.8
Mai —	14.38	20.54	7.09	114.6	87.0	74	O. S.-O.	749.3
Juin —	17.37	24.05	9.03	83.6	89.4	73	O. N.-O.	751.1
Juillet —	18.87	25.09	11.40	39.7	103.2	75	O.	753.1
Août —	18.37	23.83	12.36	97.0	97.4	17	O. S.-O.	748.0
Septembre —	14.61	20.97	7.05	29.0	61.3	81	O. S.-O.	753.2
Octobre —	10.42	16.07	4.51	94.6	50.5	88	N.-E. et O.	749.4
Novembre —	4.29	8.19	0.43	68.1	22.7	89	O. S.-O.	746.1
Moy. ou sommes	10.41	15.68	4.57	752.6	647.5	81.9	O. S.-O.	750.3

1. Nous continuerons à comparer les chiffres obtenus à Grignon aux moyennes rela-

THERMOMÉTRIE

Comparaison de la température de l'année 1877-78 à celle d'une année moyenne.

MOIS.	ANNÉE MOYENNE Versailles (20 ans).		ANNÉE 1877-78 (Grignon).	
Décembre	3.45	Hiver.... 3.27	2.97	3.18
Janvier	2.68		1.90	
Février	3.67		4.68	
Mars	5.92	Printemps. 9.86	6.12	10.52
Avril	10.06		11.07	
Mai	13.61		14.38	
Juin	16.99	Été...... 18.08	17.37	18.20
Juillet	18.89		18.87	
Août	18.86		18.37	
Septembre	15.28	Automne. 10,84	14.61	9.77
Octobre	11.48		10.42	
Novembre	5.77		4.29	
Moyennes	10.51		10.41	

THERMOMÉTRIE

Comparaison de la température de l'année 1877-78 à celles des 3 années précédentes (Grignon).

SAISONS.	1874-75.	1875-76.	1876-77.	1877-78.
Hiver	1.79	1.50	6.12	3.18
Printemps	9.96	9.55	8.53	10.52
Été	18.15	19.34	18.90	18.20
Automne	10.78	11.31	10.05	9.77
Moyennes	10.17	10.42	10.90	10.41

tives à Versailles et déduites d'un grand nombre d'années d'observations. Voy. *Annales agronomiques*, 1876, p. 88.

PLUVIOMÉTRIE

Comparaison des observations pluviométriques de 1877-78 à celles des 3 années précédentes.

SAISONS.	1874-75.	1875-76.	1876-77.	1877-78.
Hiver................	166.6	72.5	164.9	95.7
Printemps...........	37.0	133.4	236.5	244.9
Été.................	229.6	140.0	164.6	220.3
Automne.............	191.8	165.0	199.2	191.7
Sommes annuelles....	625.0	510.9	765.2	752.6

PLUVIOMÉTRIE

Observations faites à Grignon pendant l'année 1877-78.

MOIS.	HAUTEURS MOYENNES en millimètres.	SAISONS.	NOMBRE DE JOURS de pluie[1].	
Décembre 1877........	44.8	Hiver..... 95.7	9	23
Janvier 1878..........	29.2		7	
Février..............	21.7		7	
Mars.................	55.1	Printemps.. 244.9	11	39
Avril................	75.2		11	
Mai..................	114.6		17	
Juin.................	83.6	Été....... 220.3	12	41
Juillet..............	39.7		10	
Août.................	97.0		19	
Septembre............	29.0	Automne.. 191.7	6	38
Octobre..............	94.6		17	
Novembre.............	68.1		15	
Sommes............	752.6	752.6	141	

1. Nous ne comptons comme jours de pluie que ceux pour lesquels on a recueilli à l'udomètre, au minimum, 1 millimètre d'eau en 24 heures.

PLUVIOMÉTRIE

omparaison des hauteurs d'eau tombées à Grignon en 1877-78, aux hauteurs moyennes déduites de 7 années d'observations (1868-69, 1871-72, 1872-73, 1873-74, 1874-75, 1875-76, 1876-77).

MOIS	PÉRIODE DE 7 ANNÉES (Grignon).		ANNÉE 1878 (Grignon).	
Décembre	46.2		44.8	
Janvier	35.6	134.6	29.2	95.7
Février	52.8		21.7	
Mars	58.7		55.1	
Avril	47.5	172.9	75.2	244.9
Mai	66.7		114.6	
Juin	46.8		83.6	
Juillet	63.0	167.2	39.7	220.3
Août	57.4		97.0	
Septembre	72.5		29.0	
Octobre	44.4	186.4	94.6	191.7
Novembre	69.5		68.1	
Sommes	661.1		752.6	

PLUVIOMÉTRIE

Comparaison des observations pluviométriques de 1877-78 à celles relatives à une année moyenne.

MOIS.	ANNÉE MOYENNE Versailles (10 ans).		ANNÉE 1877-78 (Grignon).	
Décembre	36.3		44.8	
Janvier	42.1	Hiver.... 105.1	29.2	95.7
Février	26.7		21.7	
Mars	35.7		55.1	
Avril	54.9	Printemps. 155.8	75.2	244.9
Mai	65.2		114.6	
Juin	52.8		83.6	
Juillet	59.9	Été...... 166.2	39.7	220.3
Août	53.5		97.0	
Septembre	35.9		29.0	
Octobre	52.8	Automne. 132.4	94.6	191.7
Novembre	43.7		68.1	
Sommes	559,5		752.6	

ACTINOMÉTRIE [1]

MOYENNE DES OBSERVATIONS FAITES DEUX FOIS PAR JOUR DU 1er DÉCEMBRE 1877 AU 1er DÉCEMBRE 1878.

MOIS	THERMOMÈTRE DANS LE VIDE 9 h. matin (T — t).	midi (T — t).	moyennes.	MOYENNES multipliées par le facteur propre à l'instrument [1].
Décembre 1877	2.59	3.37	2.98	21.45
Janvier 1878	2.42	3.54	2.98	21.45
Février —	1.75	4.10	2.92	21.02
Mars —	4.83	6.98	5.90	42.48
Avril —	7.80	9.64	8.72	62.78
Mai —	8.27	10.13	9.20	66.24
Juin —	9.90	11.75	10.82	77.76
Juillet —	10.10	12.53	11.31	81.43
Août —	7.37	10.12	8.74	60.75
Septembre —	9.85	10.52	10.18	68.20
Octobre —	7.41	8.90	8.15	54.60
Novembre —	2.72	4.50	3.61	24.18

MOIS	1. MOYENNES actinométriques observées à midi (Grignon).	2. MOYENNES multipliées par le facteur propre à notre actinomètre.	3. DEGRÉS actinométriques calculés pour l'heure de midi et la latitude de 49° (moyennes) [2].	4. RAPPORTS des moyennes 2 et 3.
Décembre 1877	3.37	24.2	66.6	36.3
Janvier 1878	3.54	25.4	68.1	37.2
Février —	4.10	29.5	75.0	39.3
Mars —	6.98	50.2	80.4	62.4
Avril —	9.64	69.4	83.9	82.7
Mai —	10.13	72.9	85.6	85.1
Juin —	11.75	84.6	86.2	98.1
Juillet —	12.53	90.2	86.0	104.8
Août —	10.12	70.4	85.2	82.7
Septembre —	10.52	70.4	82.9	84.9
Octobre —	8.90	59.6	78.8	75.6
Novembre —	4.50	30.1	72.3	41.7

1. Voy. la description de l'actinomètre, *Annales agronomiques*, 1877, p. 88.

2. Deux actinomètres, préalablement comparés à celui de l'Observatoire de Montsouris, ont servi successivement à faire les observations ci-dessus :

1° *Actinomètre* n° 41 observé du 1er décembre 1877 au 6 août 1878. Formule de réduction : [(T — t) — 0,2] 7,20.

2° *Actinomètre* n° 46, observé du 7 août au 1er décembre 1878. Formule de réduction : [(T — t) — 0,3] 6,70.

Nous rappellerons que les nombres renfermés dans la colonne 3 du tableau ci-dessus ont été calculés à l'observatoire de Montsouris et indiquent la moyenne pour 100 de rayons qui arrivent à la terre par un ciel pur et sans nuages, chaque mois, à l'heure de midi et pour une latitude de 49°, qui est sensiblement celle de Paris ou de Grignon (48°,50').

En posant égal à 100 chacun des nombres inscrits dans cette colonne, on trouvera par une simple proportion les rapports entre les nombres qui figurent dans les colonnes 2 et 3.

Exemple : Pour mars 1877, on trouve que ce rapport est égal à 62,4 ce qui signifie que, pendant ce mois, à l'heure de midi, la terre n'a reçu en moyenne, à Grignon, que les 62,4 p. 100 des rayons qu'elle aurait pu recevoir par un ciel pur et sans nuages.

Dans cette même colonne 4, nous voyons que le chiffre relatif à juillet est 104,8, ce qui paraît singulier au premier abord, car ce nombre signifie que pendant ce mois la terre a reçu près de 5 p. 100 de plus des rayons qu'elle peut recevoir par un ciel pur et sans nuages. Dans l'*Annuaire de Montsouris* pour 1878, M. Marié-Davy cite (p. 45) un résultat d'observation actinométrique qui permet d'expliquer celui que nous a fourni le mois de juillet 1878.

Le 1er mai 1874, l'actinomètre de l'observatoire de Montsouris marquait à midi 95°,8. Or, la table (p. 49 de cet *Annuaire*) montre que le degré calculé pour un ciel pur est de 85,3 à la latitude de 49°.

L'observatoire recevait donc à ce moment 112 centièmes des rayons qui lui seraient parvenus par un ciel pur et sans nuages.

Or, ce jour-là (1er mai 1874), dit M. Marié-Davy, l'air était transparent, mais, bien qu'aucun nuage ne voilât le soleil, le ciel était à moitié couvert de cumuli qui renvoyaient sur Montsouris une partie des rayons interceptés par eux, au détriment des lieux qu'ils couvraient de leur ombre.

On peut donc admettre que le chiffre de 104,8, que nous avons trouvé pour degré actinométrique moyen de juillet 1878, résulte de réflexions semblables opérées par les nuages voisins et qui se sont reproduites un certain nombre de fois pendant ce mois.

ACTINOMÉTRIE

Comparaison des résultats actinométriques obtenus en 1877 et 1878
(Observations faites à midi.)

MOIS	RAPPORTS DES MOYENNES 2 ET 3	
	1876-77.	1877-78.
Décembre	56.9	36.3
Janvier	59.1	37.2
Février	55.4	39.3
Mars	50.2	62.4
Avril	83.9	82.7
Mai	77.9	85.1
Juin	94.4	98.1
Juillet	82.1	104.8
Août	96 2	82.7
Septembre	82.7	84.9
Octobre	89.5	75.6
Novembre	53.3	41.7
	73.4	69.2
Moyennes du 1er mars au 30 juin	76.6	82.0

ACTINOMÈTRIE

Comparaison des résultats thermométriques et actinométriques obtenus en 1877 et 1878.

MOIS.	TEMPÉRATURES moyennes.		DIFFÉRENCES pour 1878.	DEGRÉS actinométriques à midi.		DIFFÉRENCES pour 1878.
	1877.	1878.		1877.	1878.	
Décembre	6.50	2.97	−3.53	56.9	36.3	−20.6
Janvier	5.88	1.90	−3.98	59.1	37.2	−21.9
Février	6.00	4.68	−1.32	55.4	39.3	−16.1
Mars	4.98	6.12	+1.14	50.2	62.4	+12.2
Avril	9.52	11.07	+1.55	83.9	82.7	−1.2
Mai	11.10	14.38	+3.28	77.9	85.1	+7.2
Juin	19.80	17.37	−2.43	94.4	98.1	+3.7
Juillet	18.28	18.87	+0.59	82.1	104.8	+22.9
Août	18.64	18.37	−0.27	96.2	82.7	−13.5
Septembre	12.70	14.61	+1.91	82.7	84.9	+2.2
Octobre	9.54	10.42	+0.88	89.5	75.6	−13.9
Novembre	7.92	4.29	−3.63	53.3	41.7	−11.6
Moyennes	10.90	10.41	−0.49	73.4	69.2	−4.2

Il résulte des chiffres renfermés dans le tableau précédent :

1° Que si la température moyenne de 1878 a été un peu plus faible que celle de 1877, le degré actinométrique moyen de cette même année a également été un peu moins élevé, 69,2 au lieu de 73,4.

2° Que cinq mois sur douze ont été, en 1878, à la fois moins chauds et moins éclairés qu'en 1877, savoir : décembre 1877, janvier, février, août et novembre 1878.

Quatre mois, (mars, mai, juillet et septembre) ont été, à la fois, plus chauds et plus éclairés en 1878 qu'en 1877.

Trois mois seulement, (avril, juin et octobre) ont fourni en 1878 des résultats inverses au point de vue de la chaleur et de la lumière : avril et octobre 1878 ont été plus chauds, mais moins éclairés qu'en 1877 ; juin a été moins chaud, mais plus éclairé.

Résumé climatologique.

THERMOMÉTRIE

La température moyenne de l'année 1877-78 n'a été que de 0°,1 plus basse que celle déduite de vingt années d'observations : 10°,41 au lieu de 10°,51 ; les moyennes de l'hiver et de l'été ont présenté des différences très faibles avec celles d'une année normale; le printemps a été plus chaud de 0°,66, l'automne, plus froid de 1°,07.

Si l'on compare l'année 1877-78 aux trois années précédentes, on voit que la température moyenne de l'année a été plus basse que celle de 1876-77, égale à celle de 1875-76 et un peu plus élevée que celle de 1874-75.

Le printemps de 1877-78 a été plus chaud que celui des deux années précédentes; l'été sensiblement égal à celui de 1874-75, mais notablement plus froid que ceux de 1876 et 1877.

PLUVIOMÉTRIE

La hauteur d'eau tombée en 1878 (752 mm, 6) est notablement plus élevée que celles des années 1875 et 1876, mais ne diffère que de 12 mm,6 de celle recueillie en 1877 (765mm,2).

La hauteur moyenne *annuelle* étant de 559 mm,5, celle recueillie

en 1878 dépasse cette moyenne d'environ $\frac{34}{100}$, et correspond, par conséquent, à une année pluvieuse comme celle de 1877.

D'autre part, le nombre des jours de pluie a été encore plus considérable en 1878 qu'en 1877. En résumé, depuis quatre ans, de 1875 à 1878, on compte :

Une seule année sèche, 1876;

Une année humide, 1875;

Deux années très humides, 1877 et 1878.

En 1877, sur les quatre saisons, trois, l'hiver, le printemps et l'automne, avaient fourni une quantité d'eau supérieure à la moyenne, tandis que, pendant l'été, la hauteur d'eau tombée était restée sensiblement égale à celle d'une année moyenne.

En 1878, les trois saisons qui ont fourni un excédent d'eau sont le printemps, l'été et l'automne; en outre, de ces trois saisons, la plus pluvieuse par le nombre des pluies a été l'*été* et par la quantité d'eau tombée, le *printemps*.

Phénomènes météorologiques propres aux quatre saisons

HIVER. (*Décembre* 1877, *janvier et février* 1878.)

Température moyenne 3°,18, sensiblement égale à celle (3°,27), d'un hiver normal.

Nombre de pluies, 23. Hauteur d'eau tombée, 95mm,7, au lieu de 105mm,1.

Cette saison n'a rien présenté d'anormal sous le rapport de l'humidité.

Décembre 1877. — Température moyenne un peu inférieure à celle d'une année normale.

17 jours de gelée. Minima absolus — 5°,5 et — 6°, minimum moyen — 0°,35.

Maxima absolus 12°,6 et 14°,9, les 30 et 31; maximum moyen 6°,80.

17 jours pluvieux. Hauteur d'eau tombée 44mm,8.

Hauteur barométrique moyenne, 756mm,5. Baromètre très élevé du 3 au 31. Maximum, 770 millimètres le 19.

Pendant ce mois, les labours d'hiver ont eu lieu dans de bonnes conditions.

Janvier 1878. — Température moyenne 1°,9, au lieu de 2°,68,

année normale. Mois froid, 22 jours de gelée. Minima extrêmes : 7°,5 — 6°,5 et — 10°, les 10, 11 et 12; minimum moyen — 1°,68.

Maxima extrêmes, 10°,5 et 12°,5, les 21 et 22. Maximum moyen 5°,67.

7 jours de pluie et 29 millimètres d'eau, au lieu de 42.

Chute d'une petite quantité de neige, les 9 et 10.

Baromètre très élevé pendant une partie du mois, notamment du 11 au 21. Hauteur maxima 770 millimètres, les 13 et 14. Ciel presque constamment couvert le jour et la nuit.

Mois favorable aux travaux d'hiver.

Février. — Température moyenne, 4°,68, au lieu de 3°,67, année moyenne.

12 jours de gelée. Minima extrêmes — 3°,5 et — 4°,5, les 5 et 10; minimum moyen 0°,97.

Maxima extrêmes, 16°,5, 17°,2, et 17° les 15, 17 et 22; maximum moyen, 8°,99.

Période de 10 jours de froid au commencement du mois, température relativement élevée du 10 au 28.

Hauteur barométrique moyenne, 760mm,9. Hauteur maxima 768mm,5, le 22. Pendant seize jours, la colonne barométrique est restée au-dessus de 760 millimètres.

7 jours de pluie ayant donné 21mm,7 d'eau, au lieu de 52mm,8, année moyenne.

Le 2, légère chute de neige.

Ciel presque constamment couvert et brouillards très fréquents pendant ce mois.

Février a été favorable à la préparation du sol pour les semis de printemps.

Sous l'influence de la douce température de la seconde quinzaine, la végétation a commencé à prendre son essor, les prairies ont reverdi, et, à la fin du mois, les céréales d'hiver avaient un très bel aspect.

PRINTEMPS. (*Mars, avril, mai.*)

Température moyenne 10°,52, supérieure de 0°, 66 à celle (9°,86) du printemps d'une année normale.

Hauteur d'eau tombée : 244mm,9, au lieu de 155mm,8. Nombre de pluies : 39.

Mars. — La température, qui s'était beaucoup relevée pendant les 18 derniers jours de février, a continué à être assez douce jusqu'au 12, mais à partir du 13 deux périodes de froid sont survenues, l'une du 13 au 18, l'autre du 24 au 28.

Par suite, on compte dans ce mois 11 jours de gelée avec des minima extrêmes de — 5° et — 4° les 17 et 24 et un minimum moyen de 1°,14 seulement.

Néanmoins, par suite de maxima assez élevés dans la journée et notamment de 16° les 4 et 22, le maximum moyen a été de 11°,05 et la moyenne mensuelle de 6°,12, sensiblement égale à celle d'une année normale (5°,92).

Hauteur d'eau tombée, 55mm,1, au lieu de 35mm,7, en moyenne. 4 chutes de neige.

Hauteur barométrique moyenne, 753mm,6. Du 27 au 29, le baromètre descend de 750mm,3 à 727mm,7 et cette baisse est suivie d'une violente tempête accompagnée de pluie et de neige.

Le mois de mars n'a pas été favorable à l'agriculture, les ensemencements de la fin de février et du commencement de mars ont souffert des deux périodes de refroidissement de la fin du mois. En outre, les pluies abondantes de la seconde quinzaine ont arrêté les travaux des champs, tels que labours pour racines, roulages, hersages, scarifiages des blés et des luzernes.

Toutefois, à la fin du mois, les prairies naturelles et artificielles avaient belle apparence et les céréales d'hiver ne paraissaient pas avoir souffert des variations de température qui s'étaient produites dans le courant de mars.

Avril. — Température moyenne, 11°,06, supérieure de 1° à la moyenne normale 10°,06.

Minimum moyen 4°,96. Deux fois seulement, pendant ce mois, le thermomètre est descendu au-dessous de 0°, à — 4° le 2 et à — 3°, le 6.

Maximum moyen, 16°,92, avec des maxima extrêmes élevés, tels que 24° le 15 et 23° le 30.

Hauteur barométrique moyenne, 747mm,8 seulement. Minimum, 728mm,4 le 1er, maximum, 758mm,9 le 25.

Hauteur d'eau tombée, 75mm,2, au lieu de 54mm,9, année normale. Ondées fréquentes dans ce mois. Sous l'influence d'une chaleur humide et relativement élevée, les plantes ont poussé avec vigueur

pendant le mois d'avril et, à la fin du mois, quelques prairies présentaient même un commencement de verse.

A la même époque, les céréales de printemps offraient une apparence superbe.

Mai. — Température moyenne, 14°,38, au lieu de 13°,61, année normale ; différence en plus, 0°,77.

Maxima moyen, 20°,54. Maxima extrêmes, 26° et 29° les 17 et 18.

Minima moyen, 7°,09. Minima extrêmes, 1°,2 le 22 et 2° le 26.

Mai a été le mois le plus pluvieux de l'année, 17 jours de pluie ayant donné 114^{mm},6 d'eau, au lieu de 65^{mm},2, année moyenne.

Hauteur barométrique moyenne, 749^{mm},3, avec oscillations fréquentes, mais peu considérables, pendant tout le mois.

Les circonstances météorologiques qui accompagnent le mois de mai ayant une grande influence sur les récoltes futures, nous grouperons ici les chiffres relatifs à ce mois pour les deux années 1877 et 1878.

MAI							
1877 TEMPÉRATURE			PLUIE en millimètres.	1878 TEMPÉRATURE			PLUIE en millimètres.
moyenne.	maxim.	minim.		moyenne.	maxim.	minim.	
10.11	16.45	4.97	95.7	14.38	20.54	7.09	114.6

En mai 1877, la température avait été exceptionnellement basse et tout à fait anormale ; en mai 1878, les conditions thermométriques ont été infiniment plus favorables, mais l'excès d'humidité est venu contrebalancer en partie les bons effets que la chaleur aurait pu exercer sur le développement des céréales. L'abondance et la fréquence des pluies pendant tout le mois de mai ont arrêté beaucoup de travaux, notamment les binages et sarclages des plantes-racines ; mais, par contre, les prairies naturelles et artificielles ont continué de bénéficier de cette chaleur humide persistante, et l'on pouvait prévoir à la fin du mois une récolte fourragère tout à fait exceptionnelle comme quantité.

ÉTÉ. (*Juin, juillet et août.*)

Température moyenne, 18°,20, sensiblement égale à celle d'un été moyen (18°,08).

Hauteur d'eau tombée, 220mm,3, quantité bien supérieure à celle d'un été moyen (166mm,2), différence en plus, 54mm, 1. Été très pluvieux et humide.

Juin. — Température moyenne, 17°,37, au lieu de 16°,99, soit une légère différence en plus de 0°,38.

Maximum moyen, 24°,05. Maxima extrêmes, 32°,6 et 32°,8 les 24 et 25.

Minimum moyen, 9°,03. Minima extrêmes 4°,8 et 5°, les 7 et 20.

Oscillations fréquentes de la colonne barométrique, sans écarts prononcés; hauteur moyenne, 751mm,1.

Hauteur maxima, 759mm,8, minima, 745mm,3.

Première quinzaine très pluvieuse pluie totale, 83mm,6, au lieu de 52mm,8, année moyenne.

Dans la nuit du 2 au 3, violent orage ayant amené la verse d'une grande quantité de céréales et de fourrages et donné au pluviomètre 20 millimètres d'eau.

Le 14 au soir, nouvel orage accompagné de grêle qui couche un grand nombre de pièces de blé.

Le 23, troisième orage, qui passe à quelques kilomètres de l'école et cause des désastres aux environs de Trappes et dans la vallée de Chevreuse.

Les pluies de la première quinzaine ont beaucoup entravé la récolte et le fanage des fourrages, et ceux coupés à la fin d'août ont subi une détérioration notable. La deuxième quinzaine a été beaucoup plus favorable.

Les céréales donnaient des inquiétudes par suite de la verse et de l'excès d'humidité de mai et de la première moitié de juin.

Juillet. — Température moyenne, 18°,87, identique à celle d'une année moyenne.

Maximum moyen 25°,09, maxima extrêmes 30°,5 et 31° les 18 et 20.

Minimum moyen 11°,40, minima extrêmes, 6° et 7°, les 4, 5 et 30.

Hauteur moyenne du baromètre, 753mm,1, avec écarts extrêmes de 759mm,9 et 747mm,5.

Pendant ce mois, trois orages de peu d'importance et 10 pluies ayant

versé dans l'udomètre 39^{mm},7 d'eau seulement, au lieu de 52^{mm},9, année moyenne.

Les circonstances météorologiques de juillet ont été favorables à la moisson et à la rentrée des récoltes, et, grâce aux 10 pluies, bien réparties dans le mois, les plantes-racines et les regains ont poussé avec vigueur.

Août. — Température moyenne 18°,37, inférieure de 0°,49 à celle d'une année moyenne.

Maximum moyen, 23°,83, notablement inférieur à la moyenne normale. Maxima extrêmes : 30° et 27°,7 les 5 et 9.

Minimum moyen, 12°,36. Minima extrêmes, 7°,6 et 9°,5 les 18 et 22. Moyenne barométrique peu élevée, 748 millimètres. Maximum, 757^{mm},5 le 1er, minimum, 738^{mm},1 le 24; oscillation totale, 19^{mm},4.

Mois très pluvieux, 19 pluies ayant donné 97 millimètres d'eau au lieu de 57^{mm},4, année moyenne. Un orage. Les récoltes qui n'étaient pas encore rentrées fin juillet ont beaucoup souffert des pluies continuelles de ce mois. Si les blés ont pu être préservés en partie par la mise en moyettes, par contre, beaucoup d'avoines ont germé ou se sont égrenées sous l'influence des retournements réitérés auxquels on a dû soumettre les javelles pour les préserver de la pourriture.

AUTOMNE. (*Septembre, octobre, novembre.*)

L'automne météorologique de 1878 a été plus froid et plus humide que celui d'une année moyenne. Température moyenne, 9°,77, au lieu de 10°,84; différence en moins, 1°,07.

Hauteur d'eau tombée, 191^{mm},7 au lieu de 132^{mm},4. Excédent : 59^{mm},3.

Septembre. — Température moyenne, 14°,61; inférieure de 0°,67 à celle de la moyenne normale.

Maximum moyen, 20°,97. Maxima extrêmes, 28°,4 et 26° les 5 et 8.

Minimum moyen, 7°,05. Minima extrêmes, 0° et 0°,5, les 21 et 22. Premières gelées blanches de l'année.

Hauteur barométrique moyenne, 753^{mm},2. Maximum, 759^{mm},7. Minimum, 741^{mm},6. Oscillation totale, 18^{mm},1.

6 Pluies et 29 millim. d'eau, au lieu de 72^{mm},5, année moyenne. Première quinzaine sèche, seconde quinzaine froide et brumeuse.

La sécheresse de la première quinzaine a été favorable aux la-

bours de déchaumage et à la rentrée des pommes de terre. L'arrachage des betteraves pour sucrerie a également commencé en septembre, le rendement en poids a été bon; mais, comme dans toutes les années humides, surtout pendant l'été, ces betteraves sont peu riches en sucre.

Octobre. — Première quinzaine assez belle, deuxième quinzaine froide et pluvieuse.

Température moyenne, 10°,42, inférieure de 1°,06 à celle (11°,48) d'une année normale.

Maximum moyen, 16°,07. Maxima extrêmes, 24°,5 et 23°,5 les 5, 6, et 7.

Minimum moyen, 4°,51. Minima extrêmes, 1°,5 les 13 et 30.

Hauteur barométrique moyenne, 749mm,4. Maximum, 759mm,4.

Minimum, 735mm,1, le 25. A ce minimum a correspondu une grande tempête qui a duré 36 heures.

17 pluies ont donné au pluviomètre 94mm,6, au lieu de 52mm,8, année moyenne.

Du 19 au 31, il a plu tous les jours.

Pendant la première quinzaine on a commencé les ensemencements des céréales d'hiver, mais les pluies de la seconde quinzaine sont venues entraver ces travaux.

Novembre. — Mois froid et très humide.

Température moyenne, 4°,29, au lieu de 5°,77, année moyenne; différence en moins, 1°,48.

Maximum moyen 8°,19. Maxima extrêmes 13°,6 et 14°,5 les 25 et 27.

Minimum moyen, 0°,43. Minima extrêmes, — 4° le 8 et — 5° le 30, 17 jours de gelée.

Hauteur barométrique moyenne, 746mm,1. Maximum, 758mm,6 le 20, minimum, 736mm,4 le 16.

Du 10 au 13 le baromètre est descendu de 16 millimètres, et pendant cette période il y a eu successivement un orage avec grêle, une grande bourrasque et finalement de la neige.

15 pluies ont versé dans l'udomètre 68mm,1 d'eau, au lieu de 43mm,7, année moyenne.

Les circonstances météorologiques de novembre ont été extrêmement défavorables aux travaux des champs, les derniers ensemencements se sont faits avec de grandes difficultés, et beaucoup de cultivateurs ont dû même renoncer à achever leurs semailles d'hiver.

Pour faciliter dans l'avenir les comparaisons entre les circon-

stances météorologiques d'une année et les récoltes obtenues, nous terminerons le présent travail par une récapitulation des principaux documents recueillis à Grignon, sur cette question, depuis 1874.

Des récoltes de blés en Seine-et-Oise, de 1874 à 1878.

Les récoltes obtenues pendant cette période peuvent se classer comme il suit :

ANNÉES.	QUANTITÉ ET QUALITÉ DE LA RÉCOLTE.
1874.	Bonne récolte, bon grain.
1875.	Récolte inférieure à celle de 1874 comme quantité, mais supérieure comme qualité de grain.
1876.	Quantité au-dessous de la moyenne, très bonne qualité de grain.
1877.	Quantité médiocre, qualité passable.
1878.	Quantité médiocre, inférieure à celle de 1877, qualité passable.

Nous allons donner maintenant sous forme de tableaux les sommes des degrés thermométriques obtenus pendant chacune de ces années, du 1er décembre au 30 juin suivant, les céréales d'hiver ayant à peu près terminé, à cette époque, leur travail d'assimilation et n'opérant plus guère que sur elles-mêmes.

I. Sommes des degrés thermométriques[1] du 1er décembre au 30 juin.

	1874.	1875.	1876.	1877.	1878.	ANNÉE MOYENNE
Hiver	187	161	135	551	286	294
Printemps	883	916	888	784	968	907
Juin	526	527	509	594	401	510
Sommes	1596	1604	1532	1929	1655	1711

II. — Sommes des degrés thermométriques du 1er mars au 30 juin.

1874.	1875.	1876.	1877.	1878.	ANNÉE MOYENNE.
1409.	1443.	1397.	1378.	1369.	1417.

1. Ces nombres sont obtenus en multipliant le nombre de jours compris dans la période par la température moyenne correspondante.

Aux indications précédentes nous joindrons celle des pluies totales tombées pendant les mêmes périodes.

III. — Pluies totales en millimètres tombées du 1er décembre au 30 juin.

	1874.	1875.	1876.	1877.	1878.	ANNÉE MOYENNE
Hiver........	35mm	167mm	72mm	165mm	96m	105.1
Printemps....	73	37	133	236	244	155.8
Juin.........	38	59	50	40	84	52.8
Sommes......	146	263	255	441	424	313.7

IV. — Pluies totales en millimètres, tombées du 1er mars au 30 juin.

1874.	1875.	1876.	1877.	1878.	ANNÉE MOYENNE.
111.	96.	183.	276.	328.	208,6.

Si l'on classe maintenant les années considérées d'après l'ordre des totaux thermométriques et pluviométriques renfermés dans les quatre tableaux précédents, on obtient les résultats suivants :

TOTAUX THERMOMÉTRIQUES.

I. DU 1er DÉCEMBRE AU 30 JUIN. Moyenne normale : 1711.		II. DU 1er MARS AU 30 JUIN. Moyenne normale : 1417.	
Années.	Sommes.	Années.	Sommes.
1877.............	1929	1875.............	1443
1878.............	1655	1874.............	1409
1875.............	1604	1876.............	1397
1874.............	1596	1877.............	1378
1876.............	1532	1878.............	1369

TOTAUX PLUVIOMÉTRIQUES.

III. DU 1er DÉCEMBRE AU 30 JUIN. Moyenne normale : 313.7		IV. DU 1er MARS AU 30 JUIN. Moyenne normale : 208.6.	
Années.	Sommes.	Années.	Sommes.
1877............	441	1878............	328
1878............	424	1877............	276
1875............	263	1876............	183
1876............	255	1874............	111
1874............	146	1875............	96

De ces quatre derniers tableaux on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Les totaux thermométriques de la première période (tab. I) ne peuvent servir à expliquer les différences dans les récoltes de blé obtenues en Seine-et-Oise de 1874 à 1878, car ce sont les deux années ayant donné les plus mauvais résultats (1877 et 1878) qui tiennent la tête dans ce premier tableau. Cette circonstance tient à ce que les hivers de ces deux années ont été plus chauds que ceux des trois autres et que ce n'est pas la température de cette saison qui a la plus grande influence sur la moisson future.

2° Si l'on ne considère, au contraire, que la seconde période (tab. II) s'étendant du 1er mars au 30 juin, on voit que les totaux thermométriques sont en parfait rapport avec la nature des récoltes obtenues.

En effet, nous avons dit plus haut que 1874 et 1875 avaient donné les meilleures récoltes de la période; or, ce sont justement ces deux années qui ont fourni les totaux thermométriques les plus élevés, du 1er mars au 30 juin, et ces totaux sont presque exactement celui d'une année normale.

1876 vient ensuite, et les deux mauvaises années 1877 et 1878 terminent la liste du tableau II avec des totaux inférieurs à la moyenne normale.

3° Le classement des années d'après les totaux pluviométriques (tab. III, et IV) est en rapport avec les récoltes obtenues; les années 1877 et 1878 qui ont reçu un excédent d'eau, soit pendant la pre-

mière période (décembre à fin juin), soit pendant la seconde (mars à la fin juin), sont celles qui ont fourni les récoltes *médiocres*, et l'on voit même dans le tableau IV que l'excédent d'eau tombée en 1878, du 1er mars au 30 juin, est bien en rapport avec la mauvaise récolte de l'année qui vient de s'écouler.

Il ressort également de l'examen des totaux pluviométriques et thermométriques :

Que si l'année 1876 a donné une récolte inférieure comme quantité, mais excellente comme qualité de grain, cela tient à ce que la quantité de chaleur reçue du 1er mars au 30 juin ayant été à peu près suffisante, celle des pluies, pendant la même période, a présenté un notable déficit.

Que l'année 1874, suffisamment chaude au printemps, aurait donné une récolte exceptionnelle sans la sécheresse relative de cette même saison.

Que l'année 1875, mieux partagée encore sous le rapport de la température (du 1er mars au 30 juin) a été exceptionnellement sèche au printemps (37mm d'eau, au lieu de 155mm), d'où un déficit dans la quantité de grain par rapport à la récolte de 1874.

Pour que cette dernière partie de notre travail météorologique fût complète, il faudrait pouvoir, ajouter à ces données thermométriques et pluviométriques celles relatives à l'actinométrie ; malheureusement les observations actinométriques faites à Grignon ne remontent qu'au 1er juin 1876.

Si l'on compare entre eux les résultats actinométriques obtenus en 1877 et 1878 (page 103), années de récoltes de blé médiocres, celle de 1878, moins bonne encore que celle de 1877, on voit que si l'éclairement total de 1878 est resté un peu inférieur à celui de 1877 (69 au lieu de 73), par contre, le degré actinométrique de 1878, pour la période comprise entre le 1er mars et le 1er juillet est un peu plus élevé que celui de 1877 (82 au lieu de 76,6). Il ne semble donc pas que nous puissions encore déduire de nos observations une liaison entre l'intensité de l'*éclairement* et l'abondance des récoltes en 1877 et en 1878 ; il est à remarquer cependant que la récolte d'avoine du champ d'expériences a été bien meilleure en 1878 qu'en 1877.

STATION AGRONOMIQUE DE GRIGNON

CULTURES DU CHAMP D'EXPÉRIENCES EN 1878.

PAR

M. P.-P. DEHÉRAIN,
Docteur ès sciences, professeur à l'École d'agriculture de Grignon,

AVEC LA COLLABORATION

De MM. Boreau, chef des travaux pratiques; A. Nantier, chimiste attaché à la Station.

Pendant cette quatrième année, nous avons cultivé au champ d'expériences, comme précédemment, de l'avoine, des pommes de terre et du maïs fourrage; la culture des betteraves a manqué.

Semées sur les parcelles qui en avaient porté déjà pendant les années 1875, 1876 et 1877, à trois reprises différentes les betteraves ont été tellement éprouvées par les vers blancs et les vers de terre qu'il a fallu renoncer à obtenir des parcelles assez homogènes pour que les comparaisons fussent possibles; le sol a été retourné et on y a semé du maïs fourrage.

Cette année encore, on a comparé l'efficacité du fumier de ferme à celle des engrais chimiques, mais au mode de comparaison employé jusqu'à présent s'en est joint un autre: les engrais chimiques agissent surtout comme aliments des végétaux: le fumier de ferme incorporé au sol exerce une double action, il sert d'aliment à la plante, mais de plus il modifie les propriétés physiques du sol, surtout en y retenant l'humidité. Nous avons essayé de rendre la comparaison entre le fumier et les engrais chimiques plus aisée en distribuant ceux-ci à plusieurs reprises pendant la durée de la végétation, de façon à éviter la perte des engrais solubles par les pluies souvent abondantes du printemps et à donner aux engrais chimiques, par cette distribution fractionnée, l'avantage que présente le fumier de n'abandonner que lentement les produits solubles qui proviennent de sa décomposition: en outre, cette année, nous avons ajouté à notre champ d'expériences plusieurs parcelles sur lesquelles on avait essayé diverses cultures qui n'avaient fourni que des résultats peu intéressants.

Sur quelques-unes de ces parcelles, on a donné le fumier de ferme en couverture; il semble que dans ces conditions on modifiera moins profondément la nature physique du sol qu'en y incorporant le fumier par les labours, comme on le fait d'ordinaire et que si les résultats sont avantageux, ils pourront être attribués surtout aux matières solubles filtrant au travers du sol.

On a voulu, en outre, savoir s'il y aurait avantage à employer une fumure mixte formée de fumier de ferme et d'engrais chimique.

Les résultats obtenus des cultures de maïs fourrage et de pommes de terre présenteront encore un autre intérêt.

Sur quelques parcelles on a donné pendant trois ans une fumure excessive de 80 000 kil. de fumier de ferme ou de 1 200 kil. d'azotate de soude, de 1 200 kil. de sulfate d'ammoniaque; la quantité de matière azotée ainsi introduite dans le sol est bien supérieure à celle qui a été prise par les végétaux qui se sont développés sous son influence. L'azote est-il resté dans le sol, et dans quelle mesure s'y est-il conservé? Nous avons déjà cherché à le savoir en déterminant la composition de ces sols fortement fumés et en comparant cette composition à celle des parcelles qui n'ont reçu des engrais qu'en moindre proportion[1]; nous le déterminerons de nouveau en cherchant le rendement de ces diverses parcelles désormais laissées sans fumures.

Culture du maïs fourrage.

En 1878, le maïs fourrage a été cultivé sur deux séries de parcelles; on lui a attribué non seulement la bande n° III comprenant les parcelles de **33** à **48** sur lesquelles on a déjà prélevé deux récoltes de maïs fourrage en 1876 et en 1877, mais aussi les parcelles de **1** à **16** qui sont habituellement plantées en betterave, que nous n'avons pas pu réussir cette année. Nous y avons semé tardivement du maïs fourrage, mais la saison ayant été très humide, cette culture a très bien réussi, et comme la récolte a été un peu retardée, ces parcelles ont produit presque autant que celle de la bande III semée six semaines plus tôt.

Examen des parcelles qui ont reçu le fumier. — Cette année, comme les précédentes, il suffisait de parcourir notre champ d'expé-

1. Voyez *Annales agronomiques*, t. IV, p. 418.

TABLEAU I. — CULTURE DU MAÏS FOURRAGE EN 1878.

NUMÉROS des parcelles.	FUMURES DISTRIBUÉES A L'HECTARE.	DÉPENSE par hectare.	RENDEMENTS à l'hectare.
33	20000 kilos fumier de ferme.............	200 fr.	75500
34	40000 k. fumier de ferme...............	400	78000
35	Sans engrais en 1878. — 80000 k. fumier de ferme en 1875, 1876, 1877..........	0	74000
36	Sans engrais en 1878. — 80000 k. fumier de ferme en 1875, 1876, 1877...........	0	62500 (1)
37	Sans engrais 1878 (1). — Témoin.........	0	61000 (1)
38	400 k azotate de soude en une fois.......	128	62000
39	400 k. azotate de soude en quatre fois.....	128	70000
40	400 k. azot. de soude et 400 superph. en 1 fois.	208	62000
41	400 k. azot. de soude et 400 superph. en 4 fois.	208	63000
42	Sans engrais en 1878. — 1200 k. azotate de soude en 1875, 1876, 1877............	0	65300 (1)
43	400 k. sulfate d'ammoniaque en une fois...	200	70100
44	400 k. sulfate d'ammoniaque en quatre fois.	200	62000
45	400 k. sulf. d'ammon., 400 k. superph. en 1 fois.	280	62000
46	400 k. sulf. d'ammon., 400 k. superph. en 4 fois.	280	58000
47	400 k. superphosphate sans engrais azoté..	80	60000
48	Sans engrais en 1878. — 1200 k. sulfate d'ammoniaque en 1875, 1876, 1877......	0	59600 (1)
65	40000 k. fumier de ferme en couverture....	400	71600
68	20000 k. fumier de ferme, 200 k. azotate de soude, 200 k. superph. en couverture.	304	62600

(1) Cette bande a été remuée cette année pour obtenir la terre du sous-sol.

TABLEAU II. — CULTURE DU MAÏS FOURRAGE EN 1878.

NUMÉROS des parcelles.	FUMURES DISTRIBUÉES A L'HECTARE.	DÉPENSES par hectare.	RENDEMENTS à l'hectare.
1	20000 kilos fumier de ferme.............	200 fr	75200
2	40000 k. fumier de ferme................	400	81200
3	Sans engrais en 1878. — 80000 k. fumier de ferme en 1875, 1876, 1877...........	0	77000
4	Sans engrais en 1878. — 80.000 k. fum. et 1000 k. superph. en 1875, 1876, 1877....	0	76000
5	Témoin (sans engrais)..................	0	49000
6	400 k. azotate de soude en une fois.......	128	48000
7	400 k. azotate de soude en quatre fois....	128	44000
8	400 k. azot. de soude et 400 k. superph. en 1 fois.	208	55000
9	400 k. azot. de soude et 400 k. superph. en 4 fois.	208	55000
10	Sans engrais en 1878. — 1200 k. azotate de soude en 1875, 1876, 1877..............	0	45000
11	400 k. sulfate d'ammoniaque en une fois...	200	54500
12	400 k. sulfate d'ammoniaque en 4 fois.....	200	46000
13	400 k. sulf. d'ammon., 400 k. superph. en 1 fois.	280	55000
14	400 k. sulf. d'ammon., 400 k. superph. en 4 fois.	280	55000
15	400 k. superphosphate sans engrais azotés.	80	57500
16	Sans engrais en 1878. — 1200 k. sulf. d'ammoniaque en 1875, 1876, 1877.........	0	50000
67	40000 k. fumier en couverture...........	400	72600
70	20000 k. fumier de ferme, 200 k. azotate de soude, 200 k. superph. en couverture.	304	62600

riences pour reconnaître les différences que détermine dans la récolte l'emploi du fumier de ferme ou des engrais chimiques; ces différences ont été appréciées par toutes les personnes qui ont visité Grignon et notamment par les membres de l'Association française pour l'avancement des sciences, le 25 août 1878 [1].

Les quatre parcelles **33**, **34**, **35** et **36** portaient à l'extrémité du champ des plantes infiniment plus hautes que celles qui se trouvaient sur les bandes voisines. A l'autre extrémité de la bande n° III, **65** et **68** portaient également des maïs beaucoup plus beaux que **47** et **48**.

Les mêmes effets s'observaient encore sur **1**, **2**, **3** et **4**, **67** et **70**, qui surpassaient de beaucoup toutes les autres parcelles; il n'est donc pas douteux pour nous que sur un sol comme celui de Grignon, le fumier de ferme est beaucoup plus avantageux que les engrais chimiques pour la culture du maïs fourrage; cette notion étant acquise, il reste à reconnaître s'il est préférable d'incorporer le fumier au sol ou de le donner en couverture. Si nous nous en rapportions à cette année 1878, la réponse ne serait pas douteuse : **34**, fumier enfoui, donne 78 000 kil.; **65**, fumier en couverture, 71 600 kil.; **2**, fumier enfoui, fournit 81 200 kil., tandis que **67** en donne 72 600 kil.

Peut-on remplacer avantageusement une partie de fumier de ferme par des engrais chimiques ? La réponse est nettement négative ; en effet **65** avec ses 40 000 kil. de fumier donne, comme nous venons de le voir, 71 600 kil. de fourrage, tandis que **68** sur laquelle les engrais chimiques entrent pour moitié dans la fumure, ne donne que 62 600; c'est précisément aussi le rendement de **70**, qui a reçu la fumure mixte, bien inférieur aux 72 600 kil. de **67**, qui a eu ses 40000 kil. de fumier de ferme.

Ainsi, 200 kil. d'azotate de soude additionnés de 200 kil. de superphosphates ne remplacent pas 20000 kil. de fumier de ferme. Il est même remarquable que l'addition des produits chimiques ait été plutôt nuisible qu'avantageuse : **33** et **1** qui ont eu 20 000 kil. de fumier sans addition, ont fourni 3000 kil. de fourrage vert de plus que **68** et **70**, qui ont reçu également 20 000 kil. de fu-

1. Le résumé de la conférence, faite à cette occasion par M. Dehérain sur les cultures du champ d'expériences, a été reproduite dans le numéro de septembre 1878 de la *Revue scientifique* et dans le *Bulletin* de l'Association des anciens élèves de Grignon.

mier, mais avec une addition d'azotate de soude et de superphosphate.

Le fumier est décidément plus avantageux, mais il reste à déterminer comment il doit être distribué : convient-il de le donner, comme on le fait d'ordinaire, à haute dose, pour cesser les années suivantes toute application d'engrais, ou bien au contraire doit-il être distribué tous les ans, mais en moindre proportion? Nos deux bandes de maïs fourrage répondent nettement à cette question. D'abord, nous reconnaissons en comparant **1** avec **2**, **13** avec **14**, qu'une fumure modérée de 20 000 kil. produit des effets peu différents de la fumure double de 40 000 kil. ; les deux fumures de 20 000 kil. ont fourni 75 200 et 75500 kil. de fourrage vert, les fumures de 40 000 kil. ont donné 78 000 kil. dans un cas et 81 200 dans l'autre, c'est-à-dire 2 800 kil. et 6 000 kil. d'excédent; or, si nous estimons le fumier à 10 francs la tonne, nous voyons qu'il a fallu dépenser 200 francs de plus pour recueillir ces faibles suppléments de récolte qui représentent une valeur bien inférieure aux 200 francs de dépense qu'ils doivent supporter.

Ainsi les fortes fumures de fumier de ferme répétées tous les ans produisent certainement un effet avantageux, mais qui n'est nullement proportionnel aux quantités employées. Il semblerait donc qu'il fût plus utile d'employer le fumier à plus faible dose; mais on ne manquera pas de faire remarquer que la fumure ne doit pas servir pour une seule année, mais qu'elle doit au contraire soutenir les autres récoltes qui se succéderont sur la parcelle fumée.

C'est précisément pour éclairer cette manière de voir que nous avons laissé sans engrais, en 1878, les parcelles **35** et **36**, **3** et **4**, qui ont reçu pendant les trois années précédentes la dose énorme de 80 000 kil. de fumier à l'hectare renforcée encore de 1000 kil. de superphosphates sur **36** et **4**.

Le rendement de **36** cette année ne peut pas être compté ; en effet, pendant que la plante était sur pied on a pratiqué plusieurs fouilles pour prélever des échantillons du sous-sol, mais **3**, **4** et **35** sont restées intactes; or, il est remarquable que **35** est inférieur à **33**, et si **3** et **4** sont supérieurs à **1**, les différences sont minimes, c'est dans un cas 1 800 kil. et dans l'autre 800 seulement. De plus, dans les deux cas, **2** et **34**, avec leurs 40 000 kil. sont supérieurs à **35**, à **3** et à **4**; bien que ces parcelles n'aient reçu que 160 000 kil.

pendant les quatre années, tandis que **25**, **26**, **3** et **4** en ont eu 240000.

Si donc on ne tenait compte que des récoltes de 1878, on reconnaîtrait qu'il est plus avantageux de fumer modérément chaque année plutôt que de donner une très forte dose de fumier qui doit soutenir une série de récoltes.

La question est au reste assez importante pour qu'on s'y attarde quelques instants. Les résultats obtenus sur le champ d'expériences s'appliquent à la succession des plantes de même espèce, ce qui est un cas particulier; peut-être que si nous suivions un assolement régulier, nous trouverions quelque avantage à ne pas distribuer chaque année une fumure modérée. Nous nous proposons d'étudier cette question sur quelques-unes de nos parcelles.

Si nous nous en tenons actuellement aux faits que nous avons sous les yeux, nous trouvons qu'il est avantageux de donner chaque année au maïs fourrage une fumure modérée plutôt que d'accumuler sur le sol une fumure abondante, puis de laisser le sol ensuite sans engrais.

Il n'est même pas difficile d'en trouver la raison.

Toutes les expériences de culture démontrent que lorsqu'un sol est suffisamment pourvu d'une matière alimentaire, une dose nouvelle ne produit qu'un effet très faible ou même nul; c'est ce que nous avons observé autrefois pour les engrais de potasse [1].

C'est ce que nous voyons constamment pour les phosphates, qui n'exercent aucune influence heureuse sur le sol de notre champ d'expériences.

Or, l'étude de ce champ d'expériences nous a fait voir que les matières ulmiques exercent une influence particulière sur le développement du maïs fourrage; l'appauvrissement de ce sol en carbone [2] pendant cette culture nous paraît démontrer que les matières carbonées sont l'aliment de préférence de cette plante, et on conçoit que si le fumier de ferme agit par sa matière ulmique, une dose modérée de 20000 kil. en renferme une quantité suffisante et que les très fortes fumures soient inutiles; on conçoit en outre que du fumier frais soit plus avantageux qu'un fumier déjà consommé par un séjour prolongé dans le sol, dans lequel il se sera

1. *Comptes rendus*, t. LXIV, p. 863 et 971, t. LXVI, p. 322 et 494. — *Bulletin de la Société chimique*, t. VII, p. 8 et 75, t. X, 91. Voyez aussi *Chimie agricole*.

2. Voyez t. IV des *Annales*, p. 418.

altéré et aura donné naissance aux produits de décomposition, qui ne paraissent pas avoir sur la végétation du maïs une influence aussi heureuse que les matières ulmiques elles-mêmes.

Examen des parcelles qui ont reçu les engrais chimiques. — Les parcelles à l'azotate de soude ont donné deux fois des nombres aussi faibles que ceux du témoin. Sur l'une des séries, l'addition du superphosphate à l'azotate de soude a été avantageuse; dans l'autre, au contraire, elle n'a fourni aucun résultat; dans un cas la distribution des engrais en plusieurs doses a été avantageuse; elle ne l'a pas été dans un autre, et elle a été deux fois indifférente.

Les parcelles **42** et **10** ont reçu pendant trois ans 1200 kil. d'azotate de soude chaque année, mais elles sont restées sans engrais en 1878; cette masse de 3600 kil. d'azotate de soude a enrichi le sol dans une certaine mesure; nos analyses nous ont fait voir que **42** renfermait 462 kil. d'azote de plus que le témoin; mais cet azote est peu efficace et la récolte n'est sur **42** que peu supérieure au témoin; elle est analogue à celles des parcelles qui ont eu tous les ans la faible dose d'azotate de soude; sur **10**, il en est tout autrement : la récolte est une des plus faibles qu'on ait constatées en 1878, elle est inférieure à celle de **5**, restée toujours sans engrais.

Contrairement à ce que nous avons observé les années précédentes, en 1878 le sulfate d'ammoniaque a exercé une action à peu près aussi favorable que l'azotate de soude, et bien qu'il y ait quelque divergence entre les parcelles, nous trouvons dans les deux cas qu'il a été à peu près indifférent de donner l'engrais azoté sous forme d'azotate de soude ou de sulfate d'ammoniaque.

La haute dose de sulfate d'ammoniaque introduite sur **48** pendant trois ans n'a pas exercé d'influence favorable sur la récolte; en effet, cette parcelle n'a donné que 59600 kil., se plaçant ainsi à l'avant-dernier rang parmi celles qui ont eu le sulfate d'ammoniaque; dans l'autre série, **16** est également à l'avant-dernier rang.

On nous permettra d'insister sur ce point; en effet, le dosage d'azote effectué sur la parcelle **48** nous montre que le sol renferme une proportion considérable d'azote combiné [1], presque semblable à celle qui se trouve dans **33** et cependant **33** a donné 75000 kil. de fourrage, tandis que **48** n'en a donné que 59000 : on remarquera,

1. Voyez *Annales*, t. IV, p. 437.

en outre, que la parcelle **42**, qui a donné 65300 kil. de fourrage, renfermait moins d'azote que **48**, bien que sa récolte soit supérieure.

Il est donc bien certain que l'abondance de la récolte ne dépend pas de la quantité d'azote contenue dans le sol, pas plus que de celle qui est donnée comme engrais ; elle ne dépend pas non plus de la quantité de carbone appartenant aux matières organiques : en effet, les dosages exécutés sur la parcelle **42**, qui a reçu le grand excès d'azotate de soude[1] font voir que celle-ci a été très appauvrie en matières organiques puisqu'elle ne renferme plus que 13 grammes de carbone combiné par kilog., tandis que la parcelle **48**, qui a reçu le sulfate d'ammoniaque en contient 15 grammes par kilog. ; or, le rendement de **68** est de 59600 et celui de **42** est de 65300.

Les documents que nous possédons ne nous permettent donc pas de préciser encore avec toute la netteté désirable la nature de la matière qui favorise le développement du maïs fourrage. Si nous savons que cette matière n'est ni de l'azotate de soude, ni du sulfate d'ammoniaque, que c'est une matière renfermant à la fois du carbone et de l'azote, nous ignorons encore sa constitution. Les analyses élémentaires sont insuffisantes pour résoudre cette question, l'analyse immédiate d'une terre au point de vue des matières carbonées n'a pas encore été entreprise ; l'on conçoit combien cette analyse est difficile. On pourrait, il est vrai, porter les études non pas sur la terre arable mais sur le fumier et chercher à isoler la matière azotocarbonée qui existe dans le fumier et qui paraît être l'aliment de préférence du maïs fourrage ; cette détermination exige des études analytiques et synthétiques très délicates qui sont loin d'être terminées.

Les analyses du sol du champ d'expériences publiées dans le tome IV des *Annales* ont fait voir que le mode de culture suivi que la nature des engrais avait bien plus d'influence sur la richesse en azote des parcelles que sur l'abondance même de la récolte fournie par ces parcelles ; et on pouvait en déduire que ce n'est pas la quantité de matière fertilisante enlevée par la récolte qui influe le plus sur la richesse du sol, c'est le mode de traitement qu'a subi le sol lui-même.

Nous avons une nouvelle preuve à l'appui de cette idée dans la

1. Voyez *Annales*, t. IV, p. 437.

comparaison des récoltes tirées des parcelles de 1 à 15 emblavées les années précédentes en betteraves, avec celles des parcelles de 33 à 48 qui portaient leur troisième récolte de maïs fourrage.

Les parcelles restées sans engrais depuis l'origine des cultures ont donné 49 000 kil., quand le maïs a succédé aux betteraves, au contraire, 61 000 kil. sur 37, qui portait du maïs pour la troisième fois; les différences sont considérables, et il semble qu'il en faille conclure que la récolte des betteraves et surtout les façons multipliées qui accompagnent leur culture aient plus appauvri le sol que les récoltes de maïs prélevées en 1876 et 1877 sur la parcelle sans engrais.

Si on compare dans les bandes I et III les parcelles qui ont reçu le fumier de ferme, on trouve de faibles différences; en effet, si on laisse de côté 36, dont la récolte a été diminuée par les fouilles qu'on y a exécutées, on trouve en moyenne pour les parcelles :

Maïs après maïs	75.500
Maïs après betteraves	77.300

Les différences sont faibles, ce qui montre que le terrain est à peu près uniforme dans toute la surface du champ d'expériences.

Mais, ainsi qu'il a été dit, le témoin 5 est bien plus faible que le témoin 37; en outre, les cinq parcelles à l'azotate de soude donnent :

Maïs après maïs	64.400
Maïs après betteraves	48.500

et pour les parcelles au sulfate d'ammoniaque :

Maïs après maïs	62.300
Maïs après betteraves	52.100

Les différences sont sensibles. On ne saurait attribuer cette infériorité des parcelles qui ont porté le maïs fourrage après les betteraves aux propriétés épuisantes des betteraves, car la quantité de matière sèche prélevée sur une surface donnée par l'une ou l'autre plante n'est pas très différente, aussi est-il probable que les façons multipliées qui accompagnent la culture de ces racines ont eu pour effet d'appauvrir le sol en matières ulmiques, beaucoup plus que les betteraves elles-mêmes. Les analyses du sol qui a porté les betteraves seront seules de nature à montrer la justesse de cette hypothèse.

Comparaison entre les récoltes obtenues en 1876, 1877 et 1878.

Si, à l'aide des documents publiés en 1877 et en 1876, nous essayons de résumer les résultats obtenus sur les parcelles qui ont porté du maïs pendant les trois dernières années, nous connaîtrons tout d'abord l'influence décisive de la saison : l'année 1877 a donné une récolte *maxima*, ensuite est venue l'année 1878 et en troisième ligne l'année 1876.

Ces comparaisons entre les quatre années montrent une fois de plus l'avantage de la culture à l'aide du fumier; elle fait voir que l'azotate de soude est moins efficace que le fumier, mais l'est plus que le sulfate d'ammoniaque, qu'enfin les phosphates seuls donnent précisément le même chiffre que le témoin.

Si, en effet, on fond en un seul chiffre les rendements des parcelles qui ont reçu le fumier de ferme, celles qui ont eu l'azotate de soude et celles qui ont eu le sulfate d'ammoniaque, on arrive aux chiffres suivants :

Fumier de ferme	83.524
Azotate de soude	65.339
Sulfate d'ammoniaque	58.125
Sans engrais	58.300

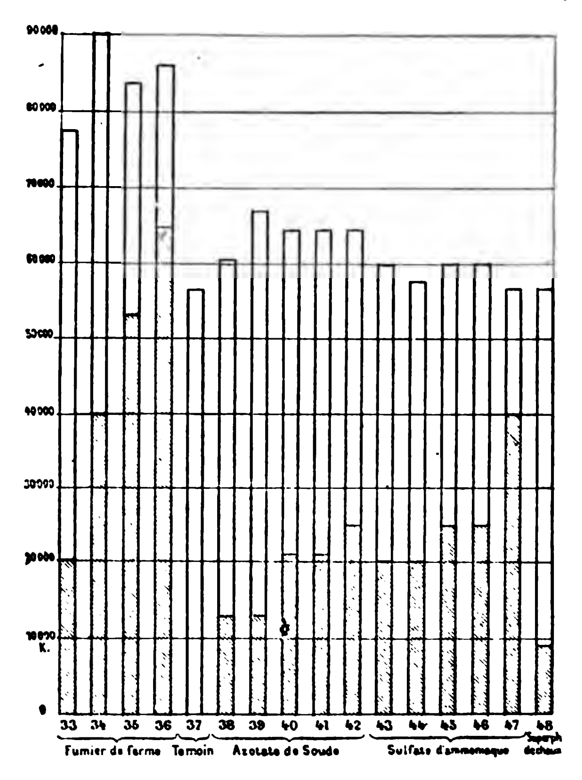
Si on cherche, en outre, quelle est l'influence des phosphates, on arrive aux chiffres suivants :

Azotate de soude seul	65.355
Azotate de soude et superphosphate	65.316
Sulfate d'ammoniaque seul	60.035
Sulfate d'ammoniaque et superphosphate	60.216
Sans engrais	58.300
Superphosphate seul	58.100

La démonstration est donc complète : dans un sol comme celui de Grignon les superphosphates n'exercent aucune action favorable.

On jugera mieux au reste de l'influence des engrais à l'aide du diagramme suivant : on a élevé au-dessus de chaque numéro correspondant aux parcelles cultivées en maïs pendant les trois saisons des rectangles dont la hauteur correspond aux rendements *moyens* de chacune d'elles; en se reportant au tableau n° I on trouvera les engrais distribués à ces parcelles.


RENDEMENTS MOYENS DU MAÏS FOURRAGE PENDANT LES ANNÉES 1876, 1877, 1878



Résultats économiques. — Il est difficile de préciser la valeur en argent du maïs fourrage, qui ne paraît guère sur le marché; cependant pour arriver à établir des comparaisons, nous avons attribué au maïs fourrage la valeur arbitraire de 10 fr. la tonne.

Pour représenter les dépenses d'engrais sur notre figure, nous avons couvert de hachures la partie inférieure de nos rectangles, de façon à prélever une fraction de la récolte d'autant plus forte que la dépense d'engrais était plus considérable; ainsi la parcelle **33** a reçu 20 000 kilos de fumier à 10 fr. les 1000 k., la fumure a donc couté 200 fr., et pour les payer il a fallu prélever sur la récolte 20 000 kilos de fourrage.

On reconnaîtra sans peine en consultant cette figure que les grosses dépenses d'engrais ne laissent qu'un très faible bénéfice et que même en donnant à une plante un engrais qui lui convient ad-

mirablement, il ne faut le donner qu'avec une certaine parcimonie pour que la dépense ne dépasse pas l'augmentation de récolte obtenue.

Le but que nous nous sommes proposé d'atteindre en établissant le champ d'expériences de l'école de Grignon a été de déterminer la nature des engrais qui sont susceptibles de remplacer le fumier de ferme ; il est clair que ce ne sont pas les engrais chimiques qui conviennent quand il s'agit de cultiver le maïs fourrage ; nous essayerons l'an prochain d'autres matières fertilisantes, telles que les débris azotés d'origine organique, et nous reconnaîtrons si elles exercent une action plus énergique que les engrais salins.

CULTURE DE L'AVOINE EN 1878.

I. *Efficacité des divers engrais.* — Les parcelles de **49** à **60** de notre champ d'expériences ont porté en 1878 de l'avoine pour la quatrième fois, elles ont reçu les mêmes engrais et en même quantité que les années précédentes; nous avons ajouté à ces douze parcelles quatre nouveaux carrés qui avaient porté depuis la création du champ d'expériences des cultures diverses qui n'avaient pas donné des résultats intéressants.

Sur ces nouvelles parcelles, on a essayé : 1° l'action du fumier en couverture, de façon à reconnaître s'il était plus efficace sous cette forme que lorsqu'il est incorporé au sol; 2° l'addition à ce fumier en couverture de quelques sels minéraux; 3° substitution à une partie du fumier de ferme d'engrais salins donnés à faible dose; 4° enfin, on a voulu savoir si parmi ces engrais complémentaires il fallait accorder une préférence exclusive à l'engrais azoté, ou bien s'il convenait de faire une part aux phosphates et aux sels de potasse.

Si nous consultons notre tableau, nous reconnaissons tout d'abord que les parcelles qui ont reçu le fumier de ferme sont celles qui ont donné les rendements les plus élevés ; les chiffres de la récolte totale dépassent souvent 10 000 kilogr., ne sont jamais inférieurs à 9 000, tandis que ceux des parcelles amendées seulement avec des produits chimiques, sont toujours moins élevés.

Il faut reconnaître toutefois que, pour les parcelles qui ont reçu le fumier incorporé au sol, les différences portent plutôt sur la paille que sur le grain ; mais il n'en est plus ainsi pour celles qui

CULTURE DE L'AVOINE EN 1878.

NUMÉROS des parcelles.	FUMURES DISTRIBUÉES A L'HECTARE.	DÉPENSES D'ENGRAIS.	POIDS de la récolte totale.	POIDS de la paille.	POIDS du grain.	VOLUME du grain à 43 kilos l'hectolitre.	VALEUR DE LA RÉCOLTE. Paille à 9 fr. les 100 k. Grain à 20 fr. les 100 k.	VALEUR DE LA RÉCOLTE engrais déduit.	PERTE OU GAIN comparé au témoin 60.
49	10000 k. fumier de ferme	100	9641	7391	2250	52.3	1115.2	1015.2	+ 69.55
50	10000 k. fumier de ferme, 100 k. superphosphate 100 k. chlorure de potassium	136	9765	7470	2295	53.5	1132.2	996.2	+ 50.6
51	100 k. azot. de soude, 100 k. superph. en 1 fois	51	8190	5965	2225	51.7	981.8	930.8	— 14.85
52	100 k. azotate de soude, 100 k. superphosphate, 100 k. chlorure de potassium en 1 fois	71	8170	5970	2200	51.1	977.3	906.3	— 39.35
53	Sans engrais. — Témoin (1)	0	0	0	0	0	0		0
54	100 k. azot. de soude, 100 k. superph. en 4 fois	51	8510	6160	2350	54.6	1024.4	973.4	+ 27.75
55	100 k. azotate de soude, 100 k. superphosphate, 100 k. chlorure de potassium en 4 fois	71	8960	6370	2590	60.2	1091.3	1020.3	+ 74.65
56	100 k. sulfate d'ammon., 100 k. superph. en 1 fois.	70	6360	4385	1975	45.9	789.6	719.65	— 226,00
57	100 k. sulfate d'ammon., 100 k. superph. en 4 fois.	70	7930	5730	2200	51.1	955.7	885.7	— 59.95
58	100 k. sulfate d'ammoniaque, 100 k. superphos., 100 k. chlorure de potassium en 1 fois	90	7570	5445	2125	49.4	915.05	825.05	— 120.60
59	100 k. sulfate d'ammoniaque, 100 k. superphos., 100 k. chlorure de potassium en 4 fois	90	8050	5850	2200	51.1	966.5	876.50	— 69.15
60	Sans engrais. — Témoin	0	7965	5885	2080	48.3	945.6	945.65	0
61	10.000 k. fumier de ferme en couverture	100	10.130	7260	2870	66.7	1227.4	1127.40	+ 181.75
62	10.000 k. fumier de ferme, 100 k. superphosphate, 100 k. chlorure de potassium en couverture	136	9630	6830	2800	65.1	1174.7	1038.70	+ 93.05
63	5000 k. fum. de ferme, 100 k. superph., 100 k. chlor. de potas., 100 k. azot. de soude en couverture.	121	10.750	7950	2800	65.1	1275.5	1154.5	+ 208.85
64	5000 k. fum. de ferme, 200 k. azot. de soude en couv.	120	10.170	7750	2420	56.2	1181.5	1069.5	+ 123.85

(1) On a pris sur cette parcelle les échantillons d'analyse.

ont eu le fumier en couverture ; elles ont donné en général plus de grains et plus de paille que les parcelles qui n'ont reçu que les engrais chimiques.

La parcelle **61** a reçu 10 000 kilogr. de fumier de ferme à l'hectare, la même quantité que la parcelle **49**, mais il a été incorporé au sol de **49** et simplement déposé sur celui de **61** ; or la récolte de **49** n'est que 9641 kilogr. se décomposant en 7391 kilogr. de paille et 2250 kilogr. de grains, tandis que **61** a donné 10130 kilogr. dont 7260 kilogr. de paille et 2 870 kilogr. de grains; il faudrait donc en conclure que la fumure en couverture est plus avantageuse que la fumure ordinaire pour la culture de l'avoine, si on pouvait être certain que la culture antérieure de **61** n'est pas pour quelque chose dans ce résultat. On remarquera qu'au contraire, pour la culture du maïs fourrage, il a été plus avantageux d'enfouir le fumier que de le donner en couverture.

Les comparaisons qui s'établissent entre **49** et **50**, **61** et **62** montrent clairement que, lorsqu'un sol comme celui du champ d'expériences a reçu 10 000 kilogr. de fumier de ferme pour la culture de l'avoine, il est complètement inutile d'ajouter des engrais minéraux; ils n'augmentent pas la récolte ou ne déterminent qu'une augmentation insignifiante.

Nous avons vu que pour la culture du maïs fourrage, il n'est pas avantageux de remplacer une partie du fumier de ferme par des engrais chimiques; pour l'avoine, cette substitution serait indifférente.

La parcelle **63** n'a eu que 5000 kilogr. de fumier de ferme à l'hectare; mais elle a reçu 100 kilogr. de superphosphate, 100 kilogr. de chlorure de potassium et 100 kilogr. d'azotate de soude. La récolte est la même que celle de **62** pour le grain, elle est même un peu plus avantageuse comme paille, on n'a plus aussi bien réussi en supprimant les phosphates et les sels de potasse et en doublant la dose de nitrates, la récolte de **64** est sensiblement inférieure à celle de **63**.

Les quatre parcelles à l'azotate de soude ont fourni une bonne récolte toujours supérieure à celle de la parcelle sans engrais; la récolte totale la plus élevée est fournie par la parcelle **55**, qui a reçu l'engrais complet en quatre doses; cependant cette parcelle a donné un peu moins de grain que **54** sur laquelle on n'avait pas ajouté de sels de potasse aux phosphates et à l'azote de soude.

Les parcelles qui ont reçu le sulfate d'ammoniaque sont décidément inférieures aux précédentes; sur deux d'entre elles la récolte est inférieure à celle du témoin, sur les deux autres il y a un petit excès de récolte qui porte surtout sur le grain. De tous les carrés cultivés en avoine en 1878, c'est la parcelle 56 qui a reçu 100 kilogr. de sulfate d'ammoniaque et 100 kilogr. de superphosphate en une fois qui a donné la plus faible récolte; elle est inférieure au témoin pour le poids de la paille et pour celui du grain.

Résultats économiques. — Si nous consultons la dernière colonne, nous reconnaissons que les différences entre les parcelles qui ont reçu les engrais et celle qui a été cultivée sans fumures ne sont pas assez grandes pour qu'en général l'emploi des engrais ait été pécuniairement avantageux. Toutes les parcelles qui ont reçu le sulfate d'ammoniaque sont en perte; deux de celles qui ont de l'azotate de soude sont en perte, deux en gain, les résultats se compensent.

On n'a eu de gain sensible que sur les parcelles qui ont reçu le fumier de ferme en couverture, et le gain a été maximum sur la parcelle qui a reçu les 5 000 kilogr. de fumier de ferme, les 100 kilogr. d'azotate de soude, les 100 kilogr. de superphosphate, les 100 kilogr. de chlorure de potassium en couverture. Avec un sol comme celui du champ d'expériences de Grignon, il semble qu'on ne doive guère dépenser pour la culture de l'avoine plus de 100 francs par hectare, sous peine de ne tirer aucun bénéfice de la fumure.

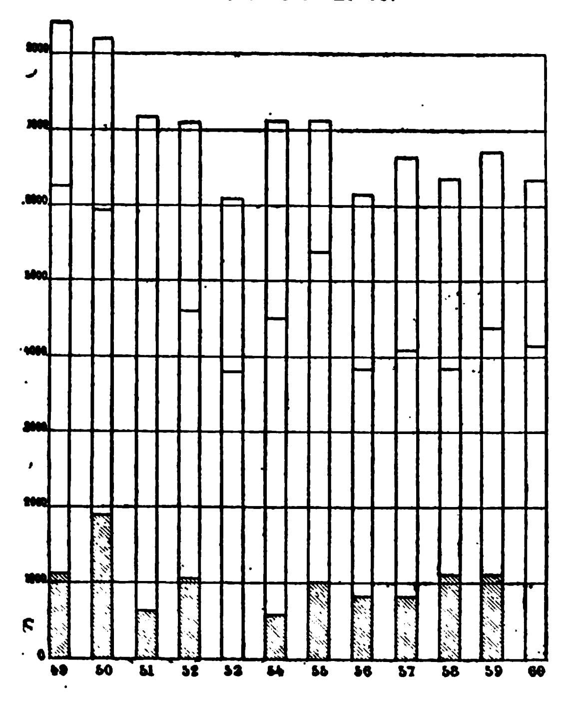
Comparaison entre les quatre années de culture de l'avoine. — Les résultats obtenus sur les mêmes parcelles amendées de la même façon varient énormément, l'influence de la saison est tout à fait prédominante; la meilleure récolte est celle de 1876, la plus mauvaise celle de 1877.

Pendant l'année sèche de 1876 les rendements de grain ont été maxima; cette année-là, sans engrais, on obtenait plus de grain qu'en 1877 dans les conditions les plus favorables. La récolte de 1877 avait été si mauvaise que nous avions cru à un commencement d'épuisement du sol du champ d'expériences; la récolte de 1878 prouve qu'il n'en est rien : en effet, la parcelle 60 restée sans engrais depuis le commencement des expériences, a donné en 1878 son rendement maximum.

En 1878 on a eu un rendement en paille exceptionnel, mais la récolte de grain n'a été que médiocre; l'année ayant été particulièrement pluvieuse, il n'est pas extraordinaire que la plante ait beau-

coup grandi, si la maturation s'était faite dans de bonnes conditions comme en 1876, il est probable qu'on aurait eu un rendement en grains aussi élevé que celui qu'a fourni cette année remarquable.

RENDEMENTS MOYENS DE L'AVOINE (PAILLE ET GRAINS) OBTENUS EN 1875-76-77 ET 78.



Résumé des cultures de l'avoine. — Le diagramme ci-joint donne la moyenne des récoltes obtenues sur les diverses parcelles pendant les quatre années d'expériences; l'influence de la saison se trouve ainsi diminuée et les différences ne sont dues qu'à l'emploi des divers engrais. La partie supérieure des rectangles correspond au poids du grain récolté, la partie inférieure à la paille. On a prélevé sur chacune des récoltes de paille, une quantité suffisante pour payer la dépense d'engrais; on a compté la paille à 9 fr. les 100 kilos, on a donc prélevé autant de fois 100 kilos que le prix de l'engrais renfermait de fois 9 francs; la figure indique nettement que les récoltes totales les plus fortes ont été obtenues sous l'influence du fumier de ferme; la parcelle cultivée sans engrais n° **53** a donné un

plus faible rendement que la parcelle 60 également cultivée sans engrais ; les différences ne sont pas très considérables ; elles s'élèvent cependant à 460 kilogr. ; elles montrent la limite des conclusions qu'on peut tirer de ces sortes d'expériences.

Les quatre parcelles qui ont reçu l'azotate de soude et les superphosphates ont fourni des récoltes totales identiques, qu'on ait ajouté ou non des sels de potasse, qu'on ait distribué les engrais en une fois ou en quatre fois.

Les quatre parcelles qui ont reçu le sulfate d'ammoniaque ont fourni des récoltes un peu différentes les unes des autres ; il y a toujours eu avantage à distribuer le sulfate d'ammoniaque en quatre fois, et la raison en est due probablement à l'action fâcheuse qu'exercent les sels ammoniacaux sur les graines en germination ; lorsque la quantité du sulfate d'ammoniaque donnée au printemps est considérable, cette action corrosive est plus marquée que lorsque ce sel n'arrive sur les plantes qu'au moment où elles ont déjà acquis une certaine force de résistance.

Les différences que nous venons de signaler portent plus sur la paille que sur le grain.

Les quantités de grain recueillies sont en moyenne de 49 hect.,2 pour la parcelle au fumier de ferme employé seul (on n'a pas fait entrer dans le calcul le rendement de 1875, le voisinage d'un arbre ayant abaissé prodigieusement le rendement). Quand on a additionné le fumier de ferme de superphosphate et de chlorure de potassium, on a eu un rendement un peu plus faible, 47 hect., 7. Les quatre parcelles qui ont reçu l'azotate de soude ont donné 48,1 et les quatre parcelles au sulfate d'ammoniaque 46,5 ; quand la culture a eu lieu sans engrais, on a obtenu 44, 4 hectolitres.

Ainsi les différences dans les quantités de grain sont donc très faibles ; elles sont au maximum, entre la parcelle sans engrais et celle qui a reçu le fumier de ferme, de cinq hectolitres environ, représentant au maximum 50 francs si on attribue à l'avoine une valeur de 10 francs l'hectolitre.

Il est clair que si l'on considérait le grain comme étant la seule marchandise de vente, on serait conduit à ne faire aucune dépense pour la culture de l'avoine ; on se trouverait ainsi dans les conditions habituelles de l'assolement quinquennal dans lequel on place l'avoine à la fin de la rotation, après le blé, au moment où le sol est cependant appauvri par quatre cultures successives.

Si on ajoute à la valeur du grain celle de la paille, les différences s'accusent davantage; mais il suffit de prendre sur le diagramme ci-joint avec un compas la hauteur de la paille sans engrais, puis de la reporter sur chacune des colonnes indiquant la récolte des diverses parcelles pour voir que presque partout la quantité de paille récoltée sur ces parcelles, diminuée de celle qui a servi à payer l'engrais est plus faible; le supplément de récolte obtenu est en général insuffisant pour payer la dépense que l'engrais a occasionnée.

Culture des pommes de terre.

Influence des divers engrais. — En 1878, toutes les parcelles ont reçu les mêmes engrais que les années précédentes, aux exceptions suivantes : **19** et **20**, qui avaient eu pendant les trois premières années 80 000 kilogrammes de fumier à chaque saison, sont restées sans engrais; il en a été de même de **26** et de **32**, qui avaient eu aussi des doses d'engrais salins considérables; l'analyse du sol de ces parcelles nous a indiqué qu'elles renfermaient des quantités notables de matières azotées et nous avons voulu savoir si ces doses étaient suffisantes pour maintenir les récoltes au maximum.

Le champ d'expériences a été en outre augmenté de deux parcelles nouvelles sur lesquelles on a essayé les engrais en couverture: **68** a reçu 40 000 kilogrammes de fumier en couverture, **69** a eu 20 000 kilogrammes de fumier en couverture et on y a ajouté 200 kilogrammes d'azotate de soude et 200 kilogrammes de superphosphate.

Si nous examinons le tableau n° IV nous remarquons tout d'abord que le rendement a été médiocre, nous n'avons jamais atteint 300 hectolitres de tubercules sains; le chiffre le plus élevé a été fourni par la parcelle **25** qui a donné 266 hectolitres.

A quelle cause peut-on attribuer ce faible rendement, y aurait-il quelque épuisement dans notre sol; avons-nous tort de ne pas ajouter aux engrais azotés et aux phosphates des sels de potasse? Nous avons reconnu en 1866 et en 1867, sur des sols voisins de ceux que nous cultivons aujourd'hui, que ces sels n'exerçaient sur notre champ d'expériences, aucun résultat favorable; de plus, ils n'augmentent en aucune façon la récolte de l'avoine sur un sol contigu à celui qui porte des pommes de terre, de telle sorte que là n'est pas la cause de la diminution, et celle-ci est due tout simplement

à l'excès d'humidité de la dernière saison : en effet, si on consulte le tableau, on remarquera que le nombre de tubercules gâtés est énorme, et si on l'ajoute à celui des tubercules sains, on retrouve les rendements des années précédentes dépassant 300 hectolitres.

Ainsi la fécondité du sol n'est pas diminuée, mais les circonstances climatériques ont été fâcheuses, et la récolte *marchande* est très faible.

L'influence pernicieuse de l'excès d'humidité s'est fait sentir surtout sur les parcelles qui ont reçu le fumier de ferme enfoui ; c'est là qu'on rencontre le plus grand nombre de tubercules gâtés ; les sols de **19** et de **20** qui n'ont pas reçu d'engrais en 1878, mais qui, avaient eu des doses formidables pendant plusieurs années ont été particulièrement maltraités ; la quantité de tubercules gâtés dépasse celle des tubercules sains, mais leur récolte totale est plus élevée que celle des parcelles qui ont reçu tous les ans des doses moindres de fumier ; toutefois, les différences sont faibles, et il est clair que les fortes fumures sont inutiles pour la culture des pommes de terre ; on en a une preuve marquée dans la comparaison des récoltes de **17** et **18**, qui sont presque identiques, bien que **18** ait une fumure double de **17**. La fumure en couverture n'a pas paru très favorable ; **66** a donné une récolte un peu inférieure à **17** ; quant au remplacement d'une partie du fumier par des engrais chimiques, il n'a présenté d'autre avantage que de diminuer la dépense, la récolte est sensiblement la même que celle de **66**.

Les quatres parcelles qui ont reçu de l'azotate de soude en 1878 ne fournissent pas de rendements très différents ; cependant, comme les années précédentes, la parcelle **22** est la plus faible, et la parcelle **25** la plus forte ; nous avons insisté sur la déperdition d'azote qu'a subie la parcelle **22** ; cet appauvrissement signalé par l'analyse (voy. *Ann. agron.*, t. IV, page 437) est également sensible sur la récolte ; la distribution de l'azotate de soude et du phosphate de chaux, en quatre fois, a été avantageuse.

La parcelle **26**, qui a reçu pendant trois ans la dose énorme d'azotate de soude et qui a été enrichie par cet apport, ainsi que cela résulte des chiffres trouvés dans les analyses, n'a pas donné une récolte plus forte que le témoin.

C'est une nouvelle preuve que l'addition exagérée d'un élément, même de celui qui exerce l'action la plus favorable sur la végétation, n'a pas une influence heureuse sur la végétation ; c'est une preuve

CULTURE DES POMMES DE TERRE EN 1878.

NUMÉROS des parcelles.	FUMURES DISTRIBUÉES A L'HECTARE.	DÉPENSES pour les engrais.	TUBERCULES sains en hectolitres.	TUBERCULES EN HECTOLITRES. Gros.	Petits.	Gâtés.	VALEUR de la récolte à 4 fr. l'hectolitre.	VALEUR de la récolte engrais déduit.	PERTE OU GAIN comparé au témoin.
17	20000 kilos fumier de ferme	200	196	178	18	150	784	584	— 324
18	40000 k. fumier de ferme	400	202	180	22	130	808	408	— 500
19	Pas d'engrais en 1878. — 80000 fumier en 1875, 1876, 1877	0	184	164	20	178	736	736	— 166
20	Pas d'engrais en 1878. — 80000 k. fumier et 1000 k. superph. en 1875, 1876, 1877	0	188	163	25	190	752	752	— 154
21	Sans engrais. — Témoin	0	227	206	21	50	908	908	»
22	400 k. azotate de soude en 1 fois	128	222	200	22	40	888	760	— 148
23	400 k. azotate de soude en 4 fois	128	241	218	23	105	964	836	— 72
24	400 k. azot. de soude et 400 k. superph. en 1 fois.	208	257	235	22	80	1028	820	— 88
25	400 k. azot. de soude et 400 k. superph. en 4 fois.	208	266	242	24	65	1064	856	— 52
26	Pas d'engrais en 1878. — 1200 k. azotate de soude en 1875, 1876, 1877	0	223	203	20	73	892	892	— 16
27	400 k. sulfate d'ammoniaque en 1 fois	200	243	223	20	64	972	772	— 136
28	400 k. sulfate d'ammoniaque en 4 fois	200	252	238	14	54	1008	808	— 100
29	400 k. sulf. d'ammon. et 400 k. superph. en 1 fois.	280	254	234	20	25	1016	736	— 172
30	400 k. sulf. d'ammon. et 400 k. superph. en 4 fois.	280	246	228	18	10	984	704	— 204
31	400 k. superphosphate sans engrais azotés	80	222	195	27	17	888	808	— 100
32	Sans engrais en 1878. — 1200 k. sulfate d'ammoniaque en 1875, 1876, 1877	0	212	200	12	25	848	848	— 60
66	40000 k. fumier de ferme en couverture	400	188	172	16	95	752	352	— 556
69	20000 k. fumier de ferme, 200 k. azotate de soude, 200 k. superphosphate	304	190	175	15	75	760	456	— 452

encore que la teneur en azote d'une terre n'indique pas sa fertilité.

Les quatre parcelles qui ont reçu en 1878 du sulfate d'ammoniaque donnent des rendements peu différents; l'addition du superphosphate n'a eu que la plus faible influence; les deux récoltes qui ont eu seulement le sulfate d'ammoniaque donnent en moyenne 257 hectolitres; celles qui ont reçu à la fois du sulfate d'ammoniaque et du superphosphate ont fourni 250 hectolitres; le mode de distribution de l'engrais en une fois ou en quatre n'a exercé aucune influence.

De toutes les parcelles qui ont reçu les engrais chimiques, c'est **31** qui donne le rendement le plus faible, et cependant on y a accumulé pendant trois ans la dose énorme de 1 200 kilos de sulfate d'ammoniaque, et sa richesse en azote est supérieure à celle du témoin, son rendement est cependant beaucoup plus faible; il est même inférieur à celui du **31**, qui n'a jamais reçu que des phosphates.

Les parcelles qui ont eu les engrais chimiques portent moins de tubercules gâtés que celles qui ont reçu le fumier de fumure, et les pertes sont moindres avec le sulfate d'ammoniaque qu'avec l'azotate de soude.

Résultats économiques. — Partout l'emploi des engrais a été désavantageux, et la perte en argent a été d'autant plus forte que la dépense a été plus considérable; nous sommes donc conduits à répéter cette année ce que nous avons dit les années précédentes; sur une bonne terre bien préparée comme celle du champ d'expériences, il ne faut faire pour la culture des pommes de terre que de très faibles dépenses d'engrais, si on veut que celles-ci soient rémunératrices; une dépense de 200 francs est déjà trop considérable.

Il faut se rappeler en outre que lorsqu'on emploie les engrais chimiques, toute la dépense doit être affectée à la récolte qui reçoit ces engrais, car il ne semble pas que l'année suivante la récolte se ressente des fumures précédentes.

Résumé de la culture des pommes de terre pendant les quatre années 1875-1876-1877-1878. — Si nous résumons les résultats obtenus pendant les quatre années de façon à éliminer l'influence de la saison, nous obtenons les chiffres suivants :

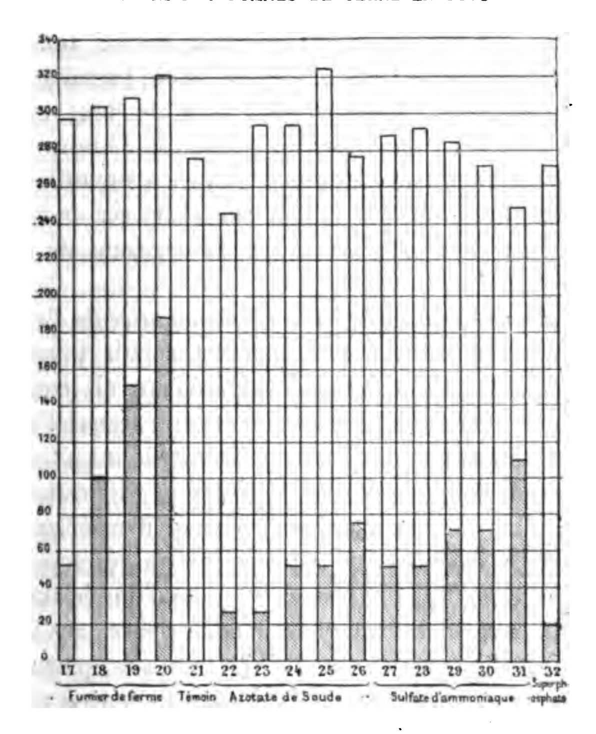
Fumier de ferme	309
Azotate de soude	290

Sulfate d'ammoniaque	279
Sans engrais	274

Ainsi le fumier de ferme a eu seul une influence assez sensible; l'azotate de soude se place en seconde ligne, et le sulfate d'ammoniaque n'augmente la récolte que de quelques hectolitres.

Dans le cas où l'azotate de soude a été donné seul, il a fourni 276 hectolitres de pommes de terre, et on en a obtenu 311 quand il a été additionné de phosphates; ils ont donc été légèrement avantageux. Mais quand le sulfate d'ammoniaque a été donné seul, il a fourni 290,5 hectolitres, et seulement 278 quand il a été additionné de phosphate; là l'influence a été en sens inverse; peut-on attribuer une signification quelconque à des chiffres semblables? Nous ne le pensons pas. Il est clair que notre sol renferme une quantité suffisante de phosphate et qu'une addition d'une nouvelle quantité est inutile.

RENDEMENTS MOYENS DES POMMES DE TERRE EN 1875-76-77 ET 78.



On jugera mieux au reste du peu d'influence qu'exercent les en-

grais sur la culture des pommes de terre dans notre champ d'expériences en consultant le diagramme ci-joint qui a été disposé comme les précédents, c'est-à-dire que la hauteur des rectangles montre la récolte moyenne obtenue sur les diverses parcelles; la partie hachée indique la quantité de tubercules qu'il a fallu prélever sur la récolte pour payer la dépense d'engrais, on a compté les tubercules à 4 fr. l'hectolitre. Il ressort bien nettement de la comparaison entre les rendements figurés, que dans un sol bien préparé et dans un bon état de fertilité, on peut avantageusement cultiver la pomme de terre sans engrais.

Sur la culture des terres riches. Résumé des cultures du champ d'experiences de Grignon de 1875 à 1878.

Pendant les quatre dernières années, nous avons recueilli au champ d'expériences de Grignon de nombreuses observations; nous en avons recueilli également pendant les dix années précédentes, et notamment en 1866, 1867 et 1868, premier temps de notre séjour à l'École; pouvons-nous tirer de tous ces travaux quelques conséquences pratiques et essayer de déduire de nos résultats quelques règles de conduite de nature à être utiles aux cultivateurs? Nous le croyons, et voulons nous efforcer de résumer ici en quelques pages les faits précis qui se dégagent de ces observations.

1° *De la nature essentiellement complémentaire de l'engrais.* — En nous appuyant sur les idées émises depuis longtemps par M. Chevreul, nous avons toujours considéré l'engrais comme étant essentiellement une matière complémentaire; aussi l'avons-nous défini : *la matière utile à la plante qui manque au sol.*

Nous trouvons de nombreuses vérifications de cette définition dans les résultats obtenus sur notre champ d'expériences. Il est clair que les phosphates sont nécessaires au développement des végétaux, et la parole de Th. de Saussure reste d'une éclatante vérité.

« J'ai trouvé », a-t-il dit, « le phosphate de chaux dans les cendres de toutes les plantes que j'ai examinées, et il n'y a aucune raison de supposer qu'elles puissent exister sans lui. » Et cependant les nombreuses expériences exécutées sur notre sol de Grignon nous montrent que ni les betteraves, ni le maïs fourrage, ni les pommes de

terre, ni l'avoine, n'ont tiré aucun avantage de l'emploi des phosphates. Il est donc certain que le sol du champ d'expériences renferme assez de phosphates, et que cette *matière ne manquant pas au sol que nous cultivons cesse pour ce sol d'être un engrais.*

Ce sol de Grignon est-il privilégié à ce point de vue, nous ne le pensons pas, et nous n'hésitons pas à affirmer que l'emploi de plus en plus considérable de phosphates que font les cultivateurs n'a bien souvent aucune raison d'être; il y a là un véritable gaspillage d'argent qui passe très souvent inaperçu par suite de l'habitude qu'ont les cultivateurs d'employer les phosphates mélangés à des engrais azotés; ils obtiennent un supplément de récolte qu'ils ne savent à quelle cause attribuer.

Il est probable cependant que les phosphates font plus communément défaut que les sels de potasse, dont nous avons étudié l'emploi en 1866 et en 1867, et qui n'ont produit aucun effet sur les betteraves, et très peu d'effet sur les pommes de terre; sur le blé, au contraire, ils avaient donné à Grignon un supplément de récolte assez notable, mais on n'a rien obtenu sur l'avoine.

On ne saurait donc trop le répéter : Les cultivateurs doivent, avant de se livrer à des achats d'engrais parfois très onéreux, essayer ces engrais sur les diverses parties de leur domaine et sur leurs diverses cultures, de façon à se rendre compte de ce qui manque à leur sol, car il est absolument inutile d'ajouter les matières fertilisantes qu'il renferme déjà en quantités suffisantes.

On voit donc qu'il y a des sols qui sont naturellement, ou par suite des efforts de la culture, dans un état tel que les engrais n'y exercent plus qu'une action médiocre; ils renferment assez de matières utiles aux plantes pour qu'une nouvelle quantité n'augmente plus la récolte [1].

Dans de tels sols les fumures énergiques cessent d'être avantageuses; elles ne sont plus rémunératrices; c'est là le cas dans lequel nous nous trouvons au champ d'expériences de Grignon, et c'est ce qui apparaît nettement dans les diagrammes de nos cultures, où nous voyons la parcelle sans engrais donner des récoltes analogues à celles qui sont bien fumées, et presque toujours plus avantageuses au point de vue financier.

Notre champ d'expériences pose donc un problème très intéres-

1. Voyez sur les résidus des fumures antérieures : *Annales agronomiques*, t. I, p. 3.

sant, et qui, je crois, s'applique à un très grand nombre de bonnes terres du Nord de la France : *Comment doit-on traiter au point de vue des engrais des terres riches sur lesquelles les engrais n'exercent qu'une action médiocre?*

Évidemment le cultivateur se trouve là dans des conditions particulièrement avantageuses, il n'a plus à s'enquérir des moyens de pousser sa terre aux rendements maxima, ceux-ci sont atteints; la saison seule, sur laquelle il n'a pas d'action, détermine le plus ou moins d'abondance de sa récolte; si le temps est propice, la récolte sera bonne.

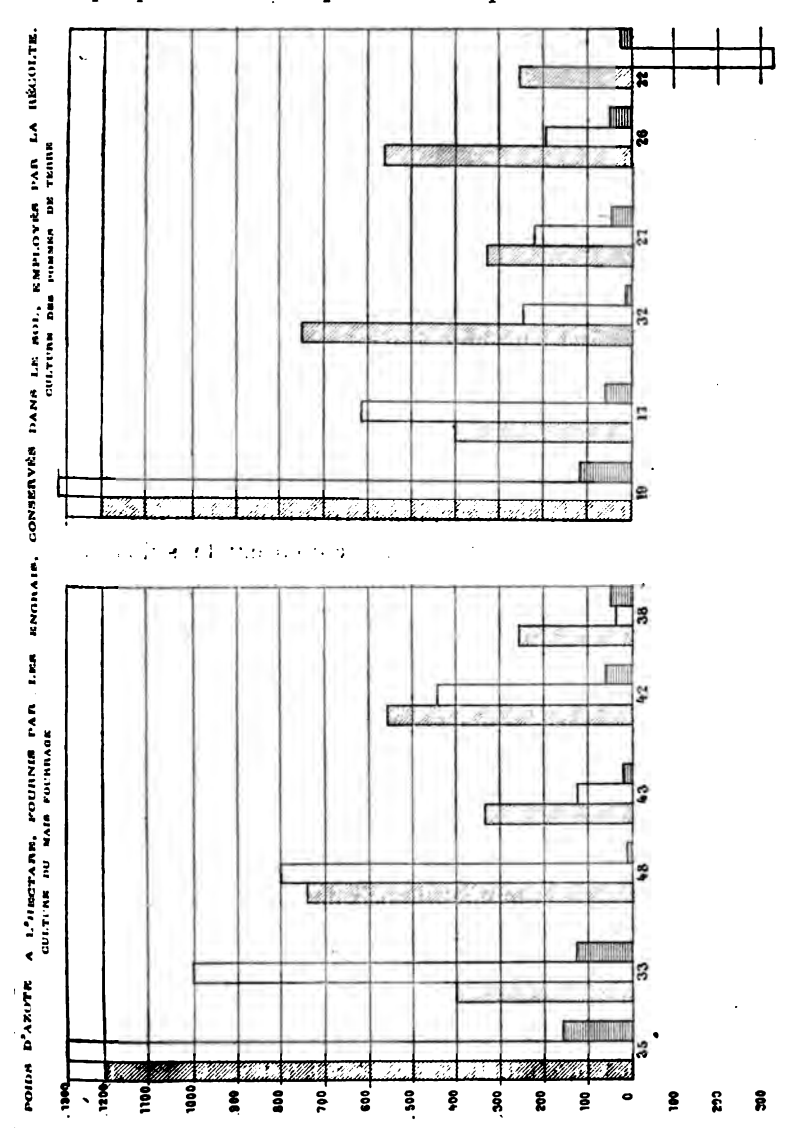
Ce qu'il doit s'efforcer de faire dans ces conditions, c'est de conserver à sa terre la richesse acquise qu'elle possède, mais en outre, il est obligé de maintenir cette récolte à l'aide d'engrais peu coûteux puisque les fumures d'un prix élevé ne sont plus rémunératrices. A ce point de vue les analyses du champ d'expériences que nous avons exécutées avec M. Nautier présentent un intérêt tout particulier, aussi y reviendrons-nous rapidement.

Pour que les résultats soient plus frappants, nous les avons représentés par le graphique suivant : On a représenté la quantité d'azote fournie par les engrais au sol des diverses parcelles pendant la durée des cultures par un rectangle couvert de lignes obliques; le surcroît d'azote qui existe dans le sol de la parcelle examinée, sur le sol du témoin est représenté par le rectangle laissé en blanc; enfin le petit rectangle couvert de hachures horizontales représente la quantité d'azote fournie aux récoltes par l'engrais.

Cette disposition est assez claire pour ne pas exiger d'autres explications; on conçoit très bien qu'on ait pu calculer, d'après la composition de l'engrais et la quantité qu'on en a employé, le poids d'azote que celui-ci a reçu; en comparant la composition du sol des diverses parcelles à celle du témoin, on a pu calculer l'excès d'azote que présente la couche superficielle d'un hectare; enfin, en pesant les récoltes et en déterminant approximativement la composition, on a pu calculer la quantité d'azote qui y était contenue et comparer cette quantité à celle qu'a fournie le sol de la parcelle sans engrais.

La figure 4 nous enseigne que la quantité d'azote qui se trouve dans le sol n'est nullement en rapport avec celle que nous avons donnée comme engrais; elle nous fait voir que, si une partie de l'azote du sulfate d'ammoniaque subsiste dans le sol de **27**, l'azote ammoniacal de **32** et surtout celui qui est donné sous forme d'azotate de

soude **42, 28, 27**, disparaît en grande partie ; elle nous fait voir même que parfois l'addition de cet azotate de soude a pour effet de diminuer beaucoup la quantité d'azote qui se trouvait primitivement dans le sol



et que, vraisemblablement, en déterminant une nitrification exagérée, il peut appauvrir le sol de façon à déterminer une baisse sensible dans la récolte (voyez parcelle **22**, culture des pommes de terre).

L'emploi du fumier de ferme a toujours conduit à des résultats différents. Dans quatre parcelles qui ont reçu du fumier on trouve que, si on compare la richesse de ce sol à celui du témoin qui a porté les mêmes plantes, qui a été soumis aux mêmes conditions atmosphériques, il y a toujours plus d'azote que la fumure n'en a introduit. Cet effet sensible sur **26** et **19** qui ont reçu les grosses fumures est surtout remarquable sur **22**; ainsi un sol qui a reçu du fumier de ferme, non seulement conserve l'azote qui lui est fourni par l'engrais, mais en outre il s'enrichit probablement par suite de la fixation de l'azote atmosphérique.

On voit nettement que, dans une bonne terre comme celle du champ d'expériences, les engrais salins ne sont pas à recommander, puisqu'en général leur emploi n'est pas rémunérateur, et que, de plus, ils peuvent avoir le très grave inconvénient d'appauvrir le sol sur lequel ils sont ajoutés.

Ainsi le cultivateur qui aborde un domaine en bon état doit s'efforcer de le maintenir dans cet état avantageux, l'azotate de soude est susceptible de l'appauvrir, il ne produit que des effets médiocres, c'est donc un engrais dangereux à employer; le sulfate d'ammoniaque n'augmente sur notre sol que très médiocrement la récolte, il doit donc par cela même être rejeté; nos études en ce moment ne nous permettent donc de préconiser que le fumier de ferme.

Les avantages que présente son emploi sont dues encore à une autre cause; la variabilité de son prix.

Nous avons prélevé sur nos figures une partie de nos récoltes pour payer la dépense d'engrais, et quand on a employé les engrais chimiques les dépenses ont été chiffrées avec exactitude, mais il n'en est plus ainsi pour les nombres qui représentent les dépenses du fumier de ferme; en effet, le prix de 10 fr. la tonne que nous lui avons attribué est tout à fait variable.

On sait qu'on établit, en général, le prix du fumier, en comptant aux animaux les denrées qu'ils consomment au prix qu'elles atteignent sur le marché et en retranchant de la somme ainsi calculée, l'ensemble des produits tirés des animaux; vente d'animaux gras, de jeunes, vente de lait, de laine, etc.; si les spéculations animales sont mal conduites, il y a un écart considérable entre les deux valeurs ainsi calculées, et le fumier qui représente la différence entre les chiffres trouvés se trouve monter à un prix considérable, il peut s'élever jusqu'à 12 fr. le mètre cube; si au contraire les spéculations

animales réussissent, si la vente du lait, du beurre, du fromage, des animaux engraissés couvre les frais de leur nourriture, le prix du fumier tombe de plus en plus, jusqu'à devenir nul; si même les spéculations animales sont pécuniairement avantageuses, la valeur du fumier s'ajoute aux autres gains; or, imaginons que dans nos figures on puisse supprimer les hachures qui couvrent les parties inférieures de nos rectangles et on reconnaîtra quels bénéfices ressortiront de l'emploi du fumier de ferme.

L'examen des rectangles qui représentent les quantités d'azote prélevées par les diverses récoltes soulève encore une question d'un grand intérêt.

Il est curieux de voir que presque partout l'azote du fumier s'est trouvé plus efficace que l'azote du sulfate d'ammoniaque et même que celui de l'azotate de soude; sur notre terre, pour employer une expression très usitée, mais à notre sens très fautive, il s'est trouvé plus assimilable.

Or, il n'en est pas toujours ainsi; nous avons donné dans le tome I[er] des *Annales* le résumé d'un mémoire très important de MM. Lawes et Gilbert sur les *résidus laissés par les fumures antérieures;* les savants agronomes de Rothamsted se sont préoccupés comme nous-même, de la quantité d'azote de l'engrais retrouvé dans l'excédent de récolte, obtenu sous l'influence de cet engrais.

Or MM. Lawes et Gilbert arrivent à des résultats tout à fait différents des nôtres, ils trouvent que l'azote de l'azotate de soude et celui du sulfate d'ammoniaque sont infiniment plus efficaces que celui du fumier de ferme; tandis que sur 100 parties d'azote donné sous forme de sel soluble il y en a 50 environ qui sont utilisés par la récolte, il y en a 14 seulement qui sont employés quand cet azote est donné sous forme de fumier.

C'est précisément l'inverse de ce que nous constatons à Grignon, et ces divergences montrent combien il nous reste encore à travailler pour arriver à préciser les relations qui lient le sol, la plante et l'engrais.

SUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'AVOINE

PAR MM.

P.-P. DEHÉRAIN
Docteur es-sciences, professeur à l'École de Grignon,

NANTIER
Chimiste attaché à la station de Grignon.

TROISIÈME ANNÉE D'EXPÉRIMENTATION.

Nous avons donné, dans un des précédents volumes de *Annales*, t. III, p. 481, les résultats de nos recherches sur le développement de l'avoine.

Nous avons insisté particulièrement sur la diminution de poids que présentait la récolte au moment de la maturation et sur les changements de composition que présente la plante entière pendant les dernières semaines.

Cette année, nous avons repris encore ce sujet d'étude ; les échantillons soumis à l'analyse ont été pris sur la parcelle qui n'avait pas reçu d'engrais et qui paraissait la plus homogène; on a coupé très exactement à la faucille à quatre reprises différentes les plantes développées sur deux surfaces de 10 mètres carrés, on a procédé aux pesées, puis on a desséché à l'étuve un échantillon; on a pu ainsi déterminer l'humidité; sur la matière sèche réduite en poudre on a dosé l'azote et les cendres.

Sur une autre partie de l'échantillon, on a coupé la plante de façon à séparer les épillets des chaumes; on a dosé encore sur chacun d'eux l'azote et les cendres.

Le tableau suivant indique les résultats qu'ont fournis les dosages.

Ces résultats sont des plus surprenants; en 1876, la dernière analyse (19 juillet) avait donnée 6,51 de cendres, en 1877, le 6 août, 6,97, en 1878 6,80; les nombres fournis par les dosages sont donc analogues; mais nous trouvons en 1876 que l'avoine renferme, le 19 juillet, 8,29 de matières azotées, en 1877, 9,88 et en 1878, 3,12.

Si ce chiffre était isolé, nous pourrions croire à quelque cause d'erreur, mais cette erreur n'aurait pu se reproduire sur le dosage de l'avoine entière, sur celle des chaumes et enfin sur celle des épillets; or tous les chiffres sont dans le même sens, ainsi que le montre

le tableau précédent; les épillets accusent notamment une pauvreté extraordinaire, ils ne renferment que 5 p. 100 de matières azotées au lieu de 13,8, et de 15,75 trouvés en 1876 et en 1877.

COMPOSITION DE L'AVOINE A DIVERSES ÉPOQUES DE SA CROISSANCE.

AVOINE ENTIÈRE.

MATIÈRES DOSÉES.	5 JUILLET.	20 JUILLET.	26 JUILLET.	31 JUILLET.
Eau	70.60	59.68	47.20	45.75
Azote	0.94	0.79	0.70	0.50
Matières azotées	5.87	4.84	4.37	3.12
Cendres	10.56	6.95	6.55	6.80
EPILLETS.				
Azote	1.75	1.29	1.04	0.80
Matières azotées	10.73	7.65	6.50	5.00
Cendres	8.40	6.90	5.20	5.45
CHAUMES.				
Azote	0.74	0.49	0.46	0.36
Matières azotées	4.62	3.06	2.87	2.25
Cendres	11.10	7.50	7.07	7.30

Ainsi la différence de composition de la récolte est extraordinaire; il importe de remarquer que les échantillons ont été pris en 1878 sur la parcelle restée sans engrais depuis le commencement des expériences (1875), qui paraissait le plus homogène, tandis qu'en 1876 et en 1877 ils avaient été récoltés sur des champs voisins qui avaient été fumés au fumier de ferme; mais jusqu'à présent on supposait que l'absence de fumure avait pour effet de diminuer la quantité de grains récoltée, on ne supposait pas qu'elle pût changer à ce point la composition de la graine elle-même.

Au moins les observateurs qui ont porté leur attention sur ce sujet n'ont signalé que des différences plus faibles que les précédentes; ainsi M. Boussingault a trouvé dans du blé fortement fumé 3,51 p. 100 d'azote, et dans les grains venus avec une fumure médiocre 2,29.

Nous avons voulu savoir si la nature et la quantité d'engrais fournies aux différentes parcelles avaient eu une influence marquée sur la composition des grains d'avoine et nous avons procédé aux dosages d'azote dans les grains recueillis sur ces parcelles; nous avons obtenu les résultats suivants :

	Azote pour 100 de grains desséchés.		
Parcelle 50 (fumier)	2.14	2.06	
Parcelle 53 (sans engrais)	1.11	1.15	1.03
Parcelle 55 (azotate de soude)	1.47	1.44	
Parcelle 59 (sulfate d'amm.)	1.77	1.89	

En multipliant les chiffres précédents par 6,25, on a pour la composition moyenne des grains les chiffres suivants, que nous rapprochons de ceux qui ont été trouvés pour la récolte de 1875, au début des expériences.

	Matières azotées dans 100 de grains desséchés.	
	1875	1878
Parcelle 50 (fumier)	13.50	13.12
Parcelle 53 (sans engrais)	12.44	6.81
Parcelle 55 (azotate de soude)	12.26	9.02
Parcelle 59 (sulf. d'amm.)	13.94	11.43

Les différences sont considérables, et probablement beaucoup plus fortes que celles qu'on rencontre habituellement dans la pratique agricole, car nous nous sommes efforcé de les exagérer par l'artifice suivant : chaque année nous conservons séparément les grains récoltés sur les diverses parcelles; ces grains servent l'année suivante aux semailles de la parcelle même qui les a fournis; il semblait *a priori* que si l'engrais a exercé quelque influence sur la composition du grain, cette influence ira en s'exagérant.

C'est ce qui paraît être arrivé, et peut-être cette modification dans la richesse du grain a-t-elle une influence même sur la puissance productrice de la graine; s'il en était ainsi, ce que les expériences de 1879 nous permettront de savoir, nous trouverions peut-être l'explication du prix élevé que les cultivateurs consentent à payer pour les grains de semence; en général, ils le jugent seulement sur l'aspect, mais il est probable que les grains bien remplis, d'un poids spécifique considérable, sont ceux qui sont venus dans de bonnes conditions et présentent une composition normale.

Quoi qu'il en soit, cette diminution de matières azotées dans les

grains d'avoine qui n'ont pas été fumés est importante à signaler; il est clair qu'une avoine comme celle que nous avons récoltée sur la parcelle du champ d'expériences laissée sans engrais depuis 1875 aurait une valeur nutritive bien plus faible que celle qui s'est développée dans des conditions normales et que des chevaux qui la recevraient comme aliment ne pourraient pas fournir la même dose de travail que ceux qui auraient dans leur ration une avoine renfermant une quantité double de matières azotées.

Si nous examinons le tableau précédent, nous trouvons que la proportion centésimale de l'azote contenu dans l'avoine va toujours en diminuant à mesure que l'on s'approche de la maturité.

Nous avons trouvé cette décroissance en 1876 et en 1877 comme en 1878.

A mesure que l'avoine avance vers la maturité la quantité de matière azotée qu'elle renferme va en diminuant; il en est de même de la quantité de matières minérales.

Toutefois il importe de remarquer que cette diminution peut n'être qu'apparente et que si d'autres principes comme l'amidon ou la cellulose ont beaucoup augmenté les proportions des matières azotées et des matières minérales paraissent diminuer, tandis qu'en réalité elles restent stationnaires ou même augmentent, mais beaucoup moins que les autres principes immédiats.

Les analyses centésimales sont insuffisantes pour résoudre cette question, il faut procéder comme l'ont fait tous les auteurs qui ont traité cette question en pesant la récolte développée sur une même surface et rapporter les résultats obtenus à la somme des plantes développées sur cette surface.

Cette méthode d'observation présente toutefois une très-grande difficulté; pour qu'elle fût exacte, il faudrait avoir une parcelle d'une homogénéité parfaite, il faudrait que toutes les parties du sol portassent le même nombre de plantes aussi vigoureuses; c'est ce qui n'arrive jamais. Aussi, pour atténuer les irrégularités dues au mode d'observation lui-même, avons-nous pris presque toujours deux séries d'échantillons; on verra qu'ils ne diffèrent l'un de l'autre que de petites quantités; le tableau suivant donne le poids de la récolte verte à chaque prise d'échantillon, le poids de la récolte sèche, la quantité d'eau, de matières azotées et de cendres rapportées à la surface d'un hectare; nous donnons en outre les mêmes indications pour les épillets et les chaumes.

POIDS DE LA RÉCOLTE A L'HECTARE.

AVOINE ENTIÈRE.

MATIÈRES DOSÉES.	5 JUILLET.	20 JUILLET.	26 JUILLET.	31 JUILLET.
Poids de la récolte normale	18.500 k. 17.980	16.169 15.353	13.077	9230 8974
Poids de la récolte sèche	5.439 5.286	6.563 6.202	6.904	5007 4868
Humidité	12.878	6.382	6.173	4.165
Matières azotées	327.5	305.6	301.9	144.2
Cendres	584.0	443.6	452.2	334.7
ÉPILLETS.				
Poids de la récolte sèche	1087 1057	2454 2319	2820	1812 1762
Matières azotées	117.1	192.4	183.1	89.4
Cendres	90.0	164.6	146.6	97.4
CHAUMES.				
Poids de la récolte sèche	4229 4342	4109 3883	4084	3195 3106
Matières azotées	198.2	122.5	117.5	70.6
Cendres	475.6	300.0	288.7	230

Les déterminations ont été faites sur les trois échantillons; avoine entière, épillets et chaumes; aucun des nombres n'est obtenu par différence, de telle sorte qu'on ne sera pas étonné de ne pas trouver, en faisant la somme des épillets et des chaumes, un nombre égal à celui qui représente la plante entière; on n'obtient qu'un nombre voisin; au reste, dans de semblables déterminations, on ne doit chercher que le sens des phénomènes sans se préoccuper d'une exactitude que ne comporte pas la méthode employée.

Ce qui frappe d'abord à l'inspection du tableau ci-joint, c'est la diminution de poids de la récolte normale du 5 juillet au 31 juillet; en quelques jours la dessication a fait des progrès très-rapides, mais la perte ne porte pas seulement sur l'humidité, la diminution de

poids de la matière sèche est énorme; elle atteint près de 2 000 kilogrammes à l'hectare; cette perte porte presque également sur les épillets et sur les chaumes, chacun d'eux a perdu près de 1 000 kilogrammes.

Peut-on d'abord supposer que la perte accusée par les chiffres du tableau est accidentelle, qu'elle est due surtout à la difficulté qu'on rencontre de prendre des échantillons sur une parcelle bien homogène et que si le poids trouvé le 31 juillet est plus faible que celui du 26, c'est tout simplement parce que l'avoine était plus claire à l'endroit que l'on a coupé le 31 qu'à la place qu'on avait coupée le 26? Nous avons déjà dit que la parcelle choisie pour prélever les échantillons était très-homogène, elle n'avait pas reçu d'engrais, par conséquent on n'avait pas à craindre ces irrégularités qui apparaissent dans les parcelles où l'engrais n'a pas été distribué également; en outre, la récolte constatée le 31 juillet, déjà très-inférieure à celle du 26, est encore supérieure à celle qui a été trouvée, quelques jours plus tard, sur l'autre parcelle prise comme témoin. On voit, en effet, dans le grand tableau de la page 128 où nous avons résumé la culture de l'avoine de 1878, que la parcelle 60 a donné une récolte de 7965 kilogrammes, très-inférieure aux 9100 kilogrammes obtenus le 31 juillet; par conséquent, la récolte sur l'autre témoin a encore diminué du 27 juillet au 6 août, époque où cette parcelle a été moissonnée; enfin dans les deux années précédentes, nous avons constaté une perte très-sensible pendant les derniers jours de la moisson.

Nous pouvons donc admettre que la perte est réelle; à quelle cause faut-il l'attribuer?

Sans doute les épillets perdent des graines qui tombent sur le sol, mais cette cause de perte de poids ne porte pas sur les chaumes qui ont perdu près de 1000 kilogrammes de matière sèche; l'égrenage n'est donc pas la seule cause qui diminue la récolte, il n'est pas douteux pour nous que la plante ne soit le siége d'une combustion lente qui brûle la matière organique et contribue à diminuer son poids dans une proportion considérable.

La plante qui est en voie de développement, qui est encore riche en chlorophylle, est constamment soumise à deux phénomènes différents; l'un de nutrition, qui tend à augmenter sa matière, l'autre de combustion, qui la diminue; le phénomène de nutrition domine tant que la plante est verte et que les cellules à chlorophylle fonc-

tionnent normalement, mais aussitôt que la chlorophylle a disparu, le phénomène de combustion est le seul qui exerce son action, et la perte de poids devient considérable.

Dans les chaumes la matière azotée diminue d'une façon constante; mais ici deux causes interviennent, il y a perte par combustion et perte par migration, la matière azotée venant se concentrer dans l'épi; celle-ci augmente dans le grain, en effet, jusqu'au 20 juillet, reste presque stationnaire pendant une semaine, puis diminue énormément pendant les derniers jours qui précèdent la moisson, par l'égrenage et par la combustion lente.

En 1876, année excellente pour la culture de l'avoine, nous avons cru constater une perte énorme de matière sèche pendant les dernières semaines; le 28 juin, nous avions trouvé le poids de la récolte égal à 9 600 kilogrammes, et, le 27 juillet, cette récolte n'était plus que de 7 120 kilogrammes; la différence nous a paru si forte que nous n'avons donné notre observation que sous toute réserve; espérant que les récoltes des années suivantes nous permettraient de voir si nous avions été bien ou mal servi par la prise d'échantillons qui est toujours si délicate.

En 1877, année très-mauvaise où la récolte de grain a été très-faible, la diminution de poids de la récolte sèche à été très-faible; le 11 juillet, on trouve 9,950 kilogrammes pour la récolte sèche à l'hectare et 9,040 le jour de la moisson; cette faible perte de matière coïncide avec une migration très incomplète des principes immédiats des chaumes vers les épis, avec une récolte de grains très médiocre.

En 1878, la récolte est passable, bien supérieure à 1877, mais inférieure à 1876; la perte de poids de la récolte sèche est considérable; les observations des années prochaines nous permettront de voir s'il y a là une relation de cause à effet et s'il serait vrai, comme semblent le montrer les chiffres déjà obtenus : qu'une bonne récolte de grains, qu'une maturation régulière, qu'une migration normale des matières azotées du bas de la tige vers le sommet, est accompagnée d'une dessication lente de la plante et d'une forte combustion des principes immédiats qu'elle renferme.

NOTE SUR

LA COMPOSITION ET LA VALEUR NUTRITIVE DES FARINES DE COCOTIER ET DE PALMIER

PAR

M. A. LADUREAU
Directeur de la Station agronomique du Nord.

Il existe à Londres une grande usine appartenant à la « Oils Works Company limited » dans laquelle on traite par des procédés chimiques les amandes des fruits du cocotier et du palmier pour en extraire les huiles de coco et de palme, qui sont assez estimées dans la fabrication des savons, à cause de leur odeur agréable et de la faculté que possèdent les produits de cette fabrication de retenir une proportion d'eau considérable.

Les amandes dépouillées de leur partie extérieure et ligneuse sont pulvérisées grossièrement et traitées par le sulfure de carbone, qui dissout leur matière grasse et toutes les autres substances insolubles. Le résidu de cette opération convenablement séché et aéré constitue une poudre grisâtre sèche au toucher, et dont l'emploi dans l'alimentation du bétail a déjà été reconnu comme très-avantageux.

C'est de cette farine grossière que nous allons nous occuper. Les farines de cocotier et de palmier ont été introduites en Belgique et en Hollande avant de l'être en France, et les rapports que nous a adressés à ce sujet un agronome distingué, M. Vandevoord, de Gand, nous les présentent comme étant de nature à attirer l'attention des cultivateurs français.

Les agriculteurs belges et hollandais qui en ont fait l'essai n'ont eu, paraît-il, qu'à s'en féliciter, et plusieurs d'entre eux en emploient aujourd'hui des quantités relativement considérables.

Jugeant avec raison que la meilleure manière d'acclimater l'usage de ces nouveaux produits dans nos campagnes était de les soumettre à l'appréciation des Sociétés d'agriculture et des comices agricoles, leur importateur en adressa des échantillons au comice agricole de Lille, qui voulut bien nous charger de les étudier et d'en déterminer la valeur nutritive.

Nous en avons donc fait une analyse aussi complète que possible dont voici les résultats ci-après :

ANALYSES

COMPOSITION CHIMIQUE DES FARINES DE COCOTIER ET DE PALMIER

	Cocotier.	Palmier.
Humidité	14.40	10.75
Matières protéiques azotées	20.62	15.00
Huile grasse	2.10	1.66
Sucre cristallisable	1.39	0.43
Glucose	5.54	1.69
Amidon	13.39	12.86
Cellulose	10.11	29.29
Matières gommeuses extractives diverses	25.55	23.07
Sels minéraux	6.90	5.25
	100.00	100.00
Azote p. 100	3.30	2.41
Acide phosphorique p. 100	1.30	1.40

Les cendres étaient composées des éléments suivants:

		Cocotier.	Palmier.
Partie soluble	Carbonate de potasse	1.95	2.93
	Carbonate de soude	1.32	0.67
	Chlorure de sodium	33.61	0.31
	Sulfate de potasse	15.92	0.91
	Phosphate de potasse	2.20	0.33
	Total	55.00	5.15
Partie insoluble	Chaux	12.20	39.20
	Magnésie	3.91	21.85
	Silice, alumine, oxyde de fer	7.25	5.43
	Acides carbonique et sulfurique	4.33	1.50
	Acide phosphorique	18.31	26.87
	Total	45.00	94.85

L'examen de ces chiffres montre que les produits dont nous nous occupons peuvent constituer effectivement de bons aliments, la farine de cocotier surtout. Il y a en effet un peu de tout, de l'amidon, du glucose, du sucre, du sel marin, de la gomme, des matières protéiques, des corps gras, de la cellulose, et tout cela est accompagné, dans la farine de cocotier surtout, d'une huile essentielle particulière, d'une odeur suave et fort agréable qui se communique, paraît-il, en se modifiant toutefois, après un certain temps, aux produits que l'on retire des animaux, tels que le lait, le beurre et le fromage. Nous croirions même volontiers que cette modification dans la saveur, dans le parfum particulier à chaque substance

animale, peut atteindre également la chair de l'animal, nourri durant quelque temps avec ces produits. C'est du reste la thèse que soutiennent fort habilement M. Vandevoorde, et M. Monclar, vice-président de la Société d'agriculture du Tarn, dans un travail sur les *moyens de faire varier le goût de la viande*, publié dans les annales de la Société des agriculteurs de France (onzième année n° 2).

Or, si l'on réfléchit à la concurrence que viennent faire sur les marchés français les produits étrangers : beurres, fromages, la viande même qu'on tente de faire arriver d'Amérique à l'état frais, conservée par le froid dans des navires spéciaux, on jugera sans doute que l'un des meilleurs moyens de lutter efficacement contre cette invasion est d'améliorer notre production nationale par tous les moyens possibles. Aussi n'hésitons-nous pas à engager vivement les cultivateurs à essayer des produits dont nous les entretenons, et, s'ils trouvent que la qualité de leurs laitages, de leur beurre, ou de la viande de leurs bêtes en est heureusement modifiée, à faire connaître ces résultats partout où ils le jugeront utile.

TRAVAUX PUBLIÉS A L'ÉTRANGER

Recherches sur la décomposition et la formation nouvelle des matières albuminoïdes pendant la germination des graines de lupin.

PAR M. ERNEST SCHULZE

Dans un premier travail exécuté en collaboration avec MM. J. Umlauft et A. Urich, M. Schûlze [1] a trouvé que l'azote des graines non germées se retrouve presque intégralement après la germination. Il en conclut qu'il ne se dégage pas d'azote libre pendant la germination et que l'azote n'entre pas en combinaison pour former un gaz qui pourrait se dégager.

Le produit principal de la décomposition des matières albuminoïdes est l'asparagine (théorie de Pfeffer [2]) qui contient jusqu'à 60 p. 100 de l'azote total. Il se forme en outre certains amides auxquels correspond une partie de l'azote beaucoup plus faible.

1. *Biedermann' Centralbatt*. H. XII. Décembre 1876.
2. V. *le travail important de M. Borodin publié dans Botan. Zeitung*. 1879, et le compte rendu du *Congrès internat. de botan*. de 1878.

Le soufre des substances albuminoïdes semble entrer en combinaison pour former de l'acide sulfurique [1].

Dans un travail plus récent [2] M. Schülze examine de plus près le rôle que joue d'un côté l'asparagine et de l'autre les acides amidés, produits de la décomposition des matières albuminoïdes. Il recherche en outre quels sont les produits secondaires de cette décomposition.

Les résultats de ces recherches qui déterminent et délimitent le rôle important que M. Borodin a assigné à l'asparagine semblent démontrer que, pour les graines de lupin du moins, celle-ci n'est pas seule à être employée à la reconstitution des matières albuminoïdes.

Les graines de lupin non germées renferment pour 100 de matière sèche.

Azote des matières albuminoïdes	8.16
Azote des matières non albuminoïdes	1.38
Total.	9.46

L'extrait aqueux des graines non germées, préalablement dépourvues de leurs téguments et pulvérisées, ne contenait pas d'asparagine. En présence de l'acide sulfureux il s'en dégagea une certaine quantité d'azote provenant probablement des acides amidés. Une autre partie de l'azote contenu dans l'extrait aqueux, abstraction faite des matières albuminoïdes, doit être attribuée aux alcaloïdes et à certaines substances azotées de nature indéterminée qui se trouvent dans les graines de lupin, comme l'ont démontré des recherches antérieures.

Dans le tableau suivant on a calculé les quantités de matières albuminoïdes contenues dans des graines non encore germées et dans des graines germées dans l'obscurité à une température de 18 à 20 degrés [3].

Pour 100 de matière sèche il y avait dans

	Matières albuminoïdes.	Azote.
Graines non germées	51.00	8.16
Graines ayant germé pendant 4 jours	44.44	7.11
— — 7 —	31.88	5.10
— — 12 —	16.00	2.56
— — 15 —	11.56	1.85

1. V. *O. Kellner, Sur quelques phénom. chim. germ. du pois.* (*Ann. agr.* 1877, p. 617) et F. Schulze. *Format d'ac. sulf. pendant germ. Ann. agron.* 1877, p. 318

2. *Landwirthsch. Jahrb.* 7 vol. 1878. *H.* 3 *et Biedermann's Centralblatt für agricultur Chemie*. H. XII. Décembre 1878.

3. Voyez pour les procédés d'analyse : *Ann. agron.*, t. I, p. 48.

Quand, d'après ces données, on veut calculer la diminution que les matières albuminoïdes ont éprouvée pendant la germination, il faut naturellement tenir compte des rapports de volume qui existent entre les graines germées et les graines non germées. Voici les chiffres qui accusent cette diminution :

	DIMINUTION DES MATIÈRES ALBUMINOÏDES	
	Calculée pour 100 de matières sèches	Calculée pour 100 de la quantité de matières albuminoïdes primitive.
Dans les graines ayant germé		
pendant 4 jours...........	9.09	17.8
— 7 —	23.14	45.4
— 12 —	37.93	74.4
— 15 —	42.02	82.4

On voit que la décomposition des matières albuminoïdes dans les graines de lupin est très-rapide pendant la germination ; quand les graines ont germé pendant quinze jours on ne retrouve à peu près que le cinquième de la quantité des matières albuminoïdes primitivement formées.

Le produit principal de cette décomposition dans les graines germées est l'asparagine. Elle apparaît avec le progrès de la germination en quantités de plus en plus grandes avec une parfaite régularité, comme le montre le tableau suivant :

DURÉE DE LA GERMINATION.				100 de substance sèche des graines germées contiennent Asparagine.	pour 100 de substance sèche des graines non germées il s'était formé. Asparagine.
4 jours.	Température		18-20°	3.3	3.12
7	—	—	—	11.2	9.78
10	—	—	20-22	17.3	15.24
12	—	—	18-20°	22.3	18.22
15	—	—	—	25.0	19.43
16	—	—	—	25.7	

Il est probable, qu'à côté de l'asparagine, il existe de petites quantités de glutamine dans les graines de lupin.

L'azote des matières albuminoïdes décomposées ne se retrouve donc dans aucun cas intégralement dans l'asparagine parce qu'il se forme en même temps d'autres substances azotées provenant de la décomposition des matières albuminoïdes. Quand on met en présence de l'acide sulfureux des extraits aqueux qui contiennent une quantité d'asparagine connue, il est facile de démontrer qu'il s'est formé des amides et des acides amidés.

Dans ce cas, la quantité d'azote dégagée est supérieure à celle qui correspond à la quantité d'asparagine connue. Il a été impossible de déterminer les acides amidés qui se trouvent dans les graines germées, et notamment les recherches qui avaient pour objet de reconnaître la présence de la leucine sont restées sans résultat.

Les extraits dépouillés de leur asparagine et évaporés jusqu'à consistance sirupeuse ont donné, après un temps de repos suffisamment long, des quantités abondantes d'une substance cristallisée dont les réactions étaient celles que Hofmeister dit être caractéristiques pour les acides amidés des séries du glycocolle et de l'acide aspartique. La solution se colorait en rouge par le chlorure de fer et dissolvait l'oxyde de cuivre hydraté en se colorant en bleu foncé. Il n'est pas impossible que cette substance contienne une petite quantité de leucine. Remarquons enfin que, dans un cas au moins, on trouva une substance qui par sa composition se rapproche de la tyrosine.

Si maintenant on ajoute à l'azote contenu dans l'asparagine et dans les acides amidés dont nous venons de parler l'azote des sels ammoniacaux qui, d'après M. Schûlze, se trouvent également en quantités très-petites dans les extraits aqueux des graines germées, on peut voir jusqu'à quel degré on a retrouvé dans les produits de la décomposition des matières albuminoïdes décomposées.

Le tableau suivant, dont les chiffres sont calculés pour 100 parties des graines primitives, donne des renseignements à ce sujet :

DURÉE de la germination.	PERTE EN MATIÈRES albuminoïdes.	AZOTE DES PRODUITS de la décomposition des matières albuminoïdes.			QUANTITÉ D'AZOTE accusée par la perte en matières albuminoïdes et retrouvée dans les produits de la décomposition.
		Dans asparagine.	Dans les acides amidés.	Dans l'ammoniaque.	
10 jours.	38.00 — 6.08	3.23	1.17	0.32	81.7 p. 100
12 —	36.13 avec 5.78 az.	3.86	0.96	0.26	83.5 p. 100

On peut voir par ces chiffres que l'azote des matières albuminoïdes décomposées ne reparaît pas en entier dans l'asparagine, dans les acides amidés qui se décomposent en présence de l'acide sulfureux, et dans l'ammoniaque; il faut donc qu'à côté de ces substances d'au-

tres produits de décomposition des matières albuminoïdes aient pris naissance. Ces produits peuvent être représentés par des acides amidés qui ne sont pas décomposés et ne dégagent pas d'azote en présence de l'acide sulfureux, ou bien il s'est formé des peptones dont la présence cependant n'a pas pu être démontrée dans ces expériences [1].

Si maintenant l'on cherche à se rendre compte du rôle que jouent l'asparagine et les acides amidés d'un côté dans les cotylédons et de l'autre dans le reste des organes de la plantule, on trouve des rapports curieux. On trouve en effet que les cotylédons sont beaucoup moins riches en asparagine que les autres organes, tandis que les produits de la décomposition des matières albuminoïdes tels que les acides amidés qui se sont formés avec l'asparagine y sont représentés en quantités beaucoup plus notables.

Ce fait est d'autant plus curieux que l'on sait que la décomposition des matières albuminoïdes emmagasinées s'opère dans les cotylédons et que les substances azotées qui sont le produit de cette décomposition se rendent dans les organes de la plante en voie d'accroissement intense pour y reconstituer partiellement les matières albuminoïdes nécessaires au développement de la jeune plante. Ce sont donc les produits de cette décomposition qui opèrent la migration des principes albuminoïdes. Or, si c'est l'asparagine qui, dans les graines de lupin, joue principalement ce rôle d'intermédiaire entre les matières albuminoïdes emmagasinées et celles qui prennent naissance, on devrait s'attendre à la trouver en quantités plus notables dans les cotylédons où elle se forme que dans les autres parties de la plante où elle est consommée ; si, d'un autre côté, on envisage la répartition des acides amidés dans les divers organes de la plantule, on est amené à croire que ces matières sont employées pour la reconstitution des matières albuminoïdes en quantités relativement bien plus grandes que l'asparagine et que c'est là la raison pour laquelle les organes en voie d'accroissement sont plus riches en asparagine.

On pourrait objecter que l'asparagine s'amasse parce qu'elle ne trouve pas en quantités suffisantes les matières non azotées nécessaires pour reconstituer les matières albuminoïdes. Quelques expériences qui ont été faites dans le but d'élucider cette question ont

1. La présence de peptones a pu être démontrée dans les graines de vesces.

démontré que des plantules primitivement étiolées, quand elles sont mises à la lumière et après avoir augmenté considérablement le poids de leur matière sèche pendant une végétation de trois semaines, loin d'avoir diminué la quantité absolue d'asparagine, l'ont au contraire accrue d'une manière appréciable. Ce n'est qu'après une végétation plus longue qu'on put observer une diminution d'asparagine. C'est ainsi que des plantules qui s'étaient développées à la lumière pendant six semaines et qui avaient déjà augmenté considérablement le poids de leur matière sèche n'accusèrent qu'une faible diminution d'asparagine.

Les résultats de ces expériences démontrent donc de la manière la plus nette que les graines de lupin germées, même en présence de quantités abondantes de matières non azotées, ne sont pas capables dans leur première époque de végétation de reconstituer les matières albuminoïdes par l'asparagine. Si cette reconstitution avait lieu, elle se ferait du moins certainement avec une grande lenteur. L'asparagine qui s'emmagasine pendant la germination devient pour ainsi dire une matière de réserve qui ne profite à la plante que dans une période de végétation plus reculée où elle sert à la formation des matières albuminoïdes.

M. Schûlze rattache à l'exposé de ces expériences quelques considérations sur les produits de la décomposition des matières albuminoïdes dans les graines au moment de la germination.

Les matières albuminoïdes emmagasinées dans la graine se décomposent toujours en un certain nombre de produits différents qui sont probablement identiques avec ceux qui prennent naissance, lors de la décomposition des matières albuminoïdes par les acides ou par des réactifs semblables et que l'on croit pouvoir considérer, en tant qu'ils sont des produits de dissociation primaires, comme étant des principes constituants de la molécule d'albumine.

Néanmoins, quand on fait l'analyse des graines germées, on ne retrouve plus ces produits dans les mêmes rapports de quantité qui les déterminaient à leur origine parce qu'ils ont en partie subi des transformations ultérieures. Quelques-unes de ces substances ne tardent pas à être employées pour régénérer les matières albuminoïdes dans les organes de la plante en voie d'accroissement et ne s'accumulent, par conséquent, pas en quantités très-grandes; d'autres se trouvent en quantités plus considérables parce que pour des raisons encore inconnues elles ne sont employées que peu ou point

dans la reconstitution des matières albuminoïdes lors de la germination. Ces dernières servent de matières de réserve et s'emmagasinent pour être utilisées plus tard.

Même quand on analyse les cotylédons séparés du reste de la plantule, on ne réussit pas à retrouver les produits de la décomposition des matières albuminoïdes dans leurs rapports de quantité initiale, parce que les produits qui sont rapidement utilisés dans les organes en voie d'accroissement s'écoulent bien plus vite que tous les autres.

De l'absorption de l'eau par les plantes.

PAR LE DOCTEUR W. DETMER[1].

Les racines des végétaux ont le pouvoir d'enlever de l'eau à un sol tellement sec qu'il ne donne plus aucune trace de liquide par la pression. La molécule du sol peut-elle arriver par suite de l'énorme consommation d'eau des plantes et de l'évaporation directe à un état de dessiccation assez avancé pour condenser la vapeur d'eau atmosphérique? On l'a cru sans en avoir fait l'expérience directe en s'appuyant sur le raisonnement suivant : quand on compare les quantités d'eau évaporée par différents végétaux et celles que le sol reçoit par les pluies, la rosée, la neige, on voit que ces dernières sont loin de compenser les pertes. Il est donc absolument nécessaire que le sol reçoive de l'eau d'une autre source, et sa propriété de condenser de la vapeur lève toutes les difficultés.

Les recherches de M. Mayer[2] et de M. Heinrich[3] prouvent d'un autre côté que les plantes périssent dans un sol non arrosé bien avant que celui-ci soit assez sec pour condenser de la vapeur d'eau.

M. Mayer pense qu'on a exagéré les quantités d'eau émises par les plantes. Des recherches récentes, notamment celles de Haberlandt[4], prouvent en effet que la transpiration est plus faible qu'on ne l'avait cru d'abord.

M. Detruer, tout en admettant la justesse des vues de MM. Mayer et Heinrick et pensant avec eux que dans les conditions ordinaires la condensation de la vapeur d'eau par le sol ne profite pas aux plantes, a voulu voir si cela n'est pas le cas dans certaines circonstances, comme par exemple lorsque le ciel est pendant longtemps couvert de nuages, l'atmosphère chargée de vapeur et que la transpiration des plantes est très-faible.

Des maïs et des potirons ont été plantés dans des pots remplis

1. *Ueber die Aufnahme des Wassers seitens der Pflanzen. Forschungenauf dem Gebiete der Agrikulturphysik de E. Wollny*, t. I, 1878, p. 166.
2. *Fühlings Landwirthsch. Zeitung* 1875, p. 87.
3. *Centralb. f. Agrikulturchemie* 1877, p. 16.
4. *Landw. Jahrbücher* 1876, p. 63.

de bonne terre de jardin dont un échantillon avait perdu 12,83 p. 100 par la calcination. La terre des pots a été recouverte d'une feuille de carton et le tout a été disposé sous de grandes cloches à l'abri des rayons directs du soleil. Au commencement de l'expérience, les pots avaient été convenablement arrosés, mais depuis on ne leur a plus donné d'eau. Au bout de quinze jours, les plantes commencèrent à se faner pour ne plus se relever. On a pris des échantillons de terre près des parois latérales du pot, c'est-à-dire là où le système radiculaire est le plus développé, et après les avoir pesés, on les a placés à côté d'un verre d'eau sous une cloche. De nouvelles pesées, après un séjour prolongé dans cette enceinte très-humide, ont montré que, loin de condenser de la vapeur d'eau, la terre, desséchée par les plantes, en avait encore perdu.

Les plantes cultivées ordinaires ne sont donc pas capables de profiter de cette propriété du sol de condenser de la vapeur d'eau. Mais il ne faudrait pas conclure de cette expérience que cela ne puisse pas être le cas de certains organismes qui vivent dans des sols très-secs.

M. Detmer, en présence des résultats contradictoires auxquels sont arrivés Bonnet[1], MM. Duchartre[2], Sachs[3], Heiden[4], etc., a repris la question de l'absorption de l'eau par les feuilles.

Les feuilles pesées ont été plongées dans l'eau de manière qu'aucune gouttelette de liquide ne pût arriver sur la section du pétiole, ensuite elles ont été soigneusement essuyées avec du papier buvard et pesées. La différence en plus devait représenter l'eau absorbée. Les expériences ont été faites sur des feuilles de lys, de lilas et de noyer.

Les feuilles plongées dans l'eau aussitôt après avoir été détachées de la plante n'ont absorbé que des quantités d'eau insignifiantes ; mais celles qui se sont un peu fanées en ont pris des proportions considérables.

Une autre série d'expériences a prouvé que les feuilles de maïs et de potiron ne peuvent pas condenser la vapeur d'eau. On a coupé les feuilles après avoir laissé la plante sans eau pendant quelque temps, on les a pesées et introduites dans une enceinte humide. Une nouvelle pesée a montré que les feuilles y ont encore perdu du poids.

Certains organismes sont cependant dans le cas de condenser et d'absorber la vapeur d'eau. Tels sont les graines de *cucurbita Pepo*, de *Pisum satirrum*, les aigrettes de *Cirsium arvese*, les thalles du *Ramalina pollinaria* (un lichen).

1. *Wissenschaftl praktische Untersuch. auf dem Gebiete des Pflanzenbaues* 1877, p. 146.
2. Bonnet, *Usage des feuilles.*
3. Duchartre. Comptes rendus, t. XLVI, p. 205.
4. Sachs. *Manuel de Physiologie et Traité de botanique.*

Le Gérant, G. Masson.

PARIS. — IMPRIMERIE ÉMILE MARTINET, RUE MIGNON, 2.

ÉTUDES SUR LE SOL DU CHAMP D'EXPÉRIENCES

RECHERCHE DES CAUSES AUXQUELLES IL FAUT ATTRIBUER LE PEU D'INFLUENCE DES ENGRAIS PHOSPHATÉS

PAR

MM. P.-P. DEHÉRAIN

Docteur ès sciences, pofesseur à l'École de Grignon

ET

MEYER

Chimiste attaché à la Station.

Les engrais phosphatés n'exercent aucune influence sur le sol du champ d'expériences, les parcelles qui les ont reçus fournissent les mêmes récoltes que celles qui en ont été privées; on a pu s'en convaincre en parcourant les tableaux des rendements des diverses parcelles pendant les quatre années d'expériences, 1875, 1876, 1877, 1878[1]. Pour mettre, au reste, le fait hors de doute, nous rassemblerons ici, dans un tableau unique, les chiffres qui représentent ces rendements moyens pour les quatre années.

TABLEAU I. — INFLUENCE DES PHOSPHATES SUR LES CULTURES DU CHAMP D'EXPÉRIENCES.

ENGRAIS EMPLOYÉS	MAÏS FOURRAGE. — Récolte verte en kilogr.	POMMES DE TERRE. — Tubercules sains en hectolitres.
Azotate de soude seul	65.355	276
Azotate de soude et superphosphate	65.316	311
Sulfate d'ammoniaque seul	60.035	290.5
Sulfate d'ammoniaque et superphosphate	60.216	278
Sans engrais	58.300	278
Engrais phosphatés seulement	58.100	276

Il résulte nettement des chiffres précédents qu'il est complète-

1. Voy. *Annales agronomiques*, t. II, p. 95; t. III, p. 112; t. IV, p. 99; t. V, p. 118.

ment inutile d'ajouter des phosphates à la terre de notre champ d'expériences, ils n'y exercent aucun effet utile; il en est de même, au reste, pour les terres voisines du domaine de Grignon; plusieurs des fermiers qui cultivent des sols analogues au nôtre ont essayé les engrais phosphatés, puis y ont renoncé. A quelle cause faut-il attribuer ce résultat? Pourquoi une matière dont l'effet sur la végétation est incontesté, ne détermine-t-elle aucune augmentation de nos récoltes? C'est là ce que nous nous sommes efforcés de reconnaître.

§ 1. — Recherche de l'acide phosphorique contenu dans le sol du champ d'expériences.

Il importait d'abord de savoir si les quantités d'acide phosphorique contenues dans notre sol étaient tellement considérables qu'on pût attribuer à l'abondance même de cette matière le peu d'influence qu'exerce l'apport de nouvelles quantités; nous avons donc été conduits à doser l'acide phosphorique contenu dans les sols dont la richesse en azote avait été déterminée dans un précédent travail.

Tous les chimistes agronomes emploient aujourd'hui, pour doser l'acide phosphorique contenu dans la terre arable, le procédé proposé par M. de Gasparin; M. Maquenne[1] a indiqué déjà la petite modification qu'il a introduite pour appliquer ce procédé à nos terres calcaires, afin d'éviter la production de trop grandes quantités de silice en gelée qui retarde les filtrations. Cependant, comme la méthode de recherches est toujours importante à faire connaître, puisque de sa précision dérive la confiance qu'inspirent les résultats obtenus, nous rappellerons brièvement ici comment nous avons opéré.

Les dosages ont été effectués sur les échantillons prélevés sur les terres cultivées en maïs et en pommes de terre, qui ont servi aux dosages d'azote; nous avons indiqué les précautions prises pour obtenir des échantillons moyens, et nous n'y reviendrons pas; nous rappellerons seulement qu'on a prélevé deux échantillons sur le sol de chacune des parcelles, et que les analyses ont porté successivement sur chacun de ces deux échantillons.

Un poids de 10 grammes de terre séchée à l'étuve et bien pulvérisée, est attaqué par l'acide azotique bouillant dans une cap-

1. *Annales agronomiques*, t. IV, p. 418.

sule de platine, de façon à détruire toutes les matières organiques et à suroxyder le fer; on évapore à sec au bain de sable jusqu'à ce que toute odeur nitrique ait disparu; on reprend ensuite par un mélange d'acide azotique et d'acide sulfurique, on évapore à sec et on calcine au rouge sombre; l'addition de l'acide sulfurique a pour but de maintenir la chaux à l'état de sulfate et de l'empêcher de réagir pendant la calcination sur les silicates; si on négligeait cette précaution, la chaux provenant de la décomposition de l'azotate formerait avec la silice des argiles, du silicate de chaux, et en reprenant par l'eau aiguisée d'acide azotique, on aurait un abandon précipité de silice en gelée qui est gênant pour les filtrations.

On détache après la calcination la matière de la capsule, on la pulvérise finement et on la met en digestion à froid avec de l'acide azotique étendu, pendant vingt-quatre heures; on filtre, on rapproche la liqueur filtrée et les eaux de lavage de façon à n'avoir plus qu'une vingtaine de centimètres cubes; pendant cette longue évaporation, l'acide phosphorique est ramené à l'état tribasique et peut être précipité complètement par une dissolution de nitromolybdate d'ammoniaque, renfermant environ 1 gramme d'acide molybdique. On laisse le mélange en contact pendant vingt-quatre heures, en agitant de temps à autre, puis on jette sur un filtre préalablement lavé avec une dissolution de nitromolybdate; on lave le précipité, on s'assure que la liqueur ne précipite plus par un excès de réactif, on redissout dans l'ammoniaque, on ajoute la liqueur citromagnésienne, on filtre après vingt-quatre heures le phosphate ammoniacomagnésien et on dose l'acide phosphorique par la liqueur d'urane.

Ces dosages paraissent, au premier abord, assez longs à exécuter; mais comme il est facile d'en conduire plusieurs simultanément, on arrive encore assez vite aux résultats.

Nous avons résumé dans le tableau II les chiffres trouvés dans les dix parcelles étudiées. Pour être certain que les nombres étaient exacts, nous avons soumis les résultats au contrôle suivant: on a analysé deux terres, désignées seulement par des numéros, et dont la provenance ne fut connue qu'à la fin de l'analyse; on trouva :

	Acide phosphorique par kilogr.
Terre n° 1	1.56
Terre n° 2	1.61

Or, la terre n° 1 avait été prise dans la parcelle 47, et le n° 2 dans la parcelle 20; les premiers dosages exécutés sur 47 avaient donné 1 gr., 50, et ceux de 20, 1 gr., 58 et 1,60.

TABLEAU II. — ACIDE PHOSPHORIQUE CONTENU DANS UN KILOGRAMME DES SOLS DES DIVERSES PARCELLES DU CHAMP D'EXPÉRIENCES.

FUMURES EMPLOYÉES sur le maïs ou les pommes de terre.	PARCELLES CULTIVÉES EN MAÏS.			PARCELLES CULTIVÉES EN POMMES DE TERRE.		
	NUMÉROS des parcelles.	ACIDE PHOSPHORIQUE. éch. n° 1.	éch. n° 2.	NUMÉROS des parcelles.	ACIDE PHOSPHORIQUE. éch. n° 1.	éch. n° 2.
		gr.			gr.	
80.000 k. fumier de ferme, 1000 k. superphosphate en 1875-76-77. Rien en 1878	36	1.30	1.37	20	1.58 1.60	1.61
1200 k. azotate de soude en 1875-76-77. Rien en 1878	42	1.08 1.08	1.14	26	1.40	1.30
1200 k. sulfate d'ammoniaque en 1875-76-77. Rien en 1878.	48	1.17	1.21	32	1.27	1.27
400 k. superphosphate de chaux en 1875-76-77-78	47	1.50 1.50	1.56	31	1.92	1.92
Toujours sans engrais.	37	1.22 1.30	1.24 1.24	21	1.74	1.74

Les échantillons ont été prélevés au mois de mai 1878.

Ces nombres sont à peu près analogues à ceux qu'ont donnés divers auteurs; c'est ainsi que MM. Corenwinder et Contamine[1] ont trouvé, pour des terres des environs de Houdain, les chiffres suivants : 1,01, 1,10, 1,39, 1,52 d'acide phosphorique par kilogramme de terre; dans une terre fertile des environs de Lille, les mêmes auteurs donnent 1,52 par kilogr.; nos nombres sont toutefois très inférieurs à ceux qu'a trouvés M. Truchot[2] pour des terres volcaniques d'Auvergne, dans lesquelles il dose 4,03, 3,04, 2,98 par

1. *Annales agronomiques*. t. III, p. 448.
2. *Annales agronomiques*, t. III, p. 454.

kilogramme, et pour des terres d'alluvion d'Auvergne, où l'on rencontre 2,96 et 3,04 d'acide phosphorique; enfin, les chiffres donnés, il y a déjà plusieurs années, par M. Schlœsing, se rapprochent encore des nôtres, puisque cet auteur, opérant par une méthode toute différente de celle qu'on emploie aujourd'hui, trouvait en moyenne 1 gr., 7 par kilogramme de terre. La terre du champ d'expérience ne renferme donc pas des proportions exceptionnelles d'acide phosphorique, et ce n'est pas à son abondance qu'on doit nttriquer le peu d'action des engrais phosphatés.

§ 2. — De l'état dans lequel se trouve l'acide phosphorique contenu dans la terre arable.

Il y a déjà plus de vingt ans que M. le baron P. Thénard[1] a reconnu que l'acide phosphorique, introduit dans le sol à l'état de phosphate de chaux, ne persistait pas habituellement sous cette forme et ne tardait pas à entrer en combinaison avec des sesquioxydes, comme le sesquioxyde de fer ou l'alumine; cette transformation le soustrait à l'action des acides faibles qui le dissolvent tant qu'il est en combinaison avec la chaux; il est à l'abri des causes de déperdition qui pouvaient l'atteindre, mais du même coup son action sur la végétation devient beaucoup plus faible, aussi trouve-t-on souvent avantage à introduire, dans un sol qui renferme déjà une proportion notable d'acide phosphorique, une faible quantité de superphosphates qui, renfermant l'acide phosphorique à l'état soluble, exercent une action marquée. MM. Corenwinder et Contamine en ont fourni un exemple remarquable par l'analyse qu'ils ont donnée des sols du domaine cultivé à Houdain par M. Woussen.

Cette terre[2] renferme par hectare environ 4 900 kilogrammes d'acide phosphorique, et cependant on a reconnu qu'une addition de 1 000 kilogrammes de superphosphate à l'hectare, c'est-à-dire d'une quantité d'acide phosphorique qui pouvait être évaluée à 160 kilogr., exerçait une action remarquable, puisque, dans l'une des expériences exécutées sur ce domaine, on a obtenu en betteraves, dans le même champ, sur la surface d'un hectare :

Avec du nitrate de soude seul......................	39 700 kilogr.
Avec du nitrate et du superphosphate...............	42 000

1. *Comptes-rendus*, 1858, t. XLVI, p. 212.
2. *Annales agronomiques*, t. III, p. 445.

Ainsi, la terre de Houdain renferme une quantité d'acide phosphorique analogue à celle du champ d'expérience de Grignon, et cependant, à Houdain, les phosphates sont d'un emploi avantageux, tandis que leur effet est nul à Grignon; il faut en déduire que, si important que soit le dosage de l'acide phosphorique dans la terre arable, il ne nous renseigne cependant que d'une façon incomplète sur l'utilité que présentera l'emploi des engrais phosphatés. Si, en effet, nous pouvons conclure à l'utilité des phosphates, quand l'analyse n'en décèle dans le sol que de très faibles quantités, nous resterons indécis devant une analyse nous donnant les quantités habituelles, représentées par 1 gr., 5 par kilogr.

Pour aller plus loin, pour savoir si les phosphates traités par l'acide sulfurique seront efficaces ou non, nous devons non seulement rechercher la quantité d'acide phosphorique contenue dans le sol, mais nous efforcer de déterminer l'état dans lequel il s'y rencontre.

Pour savoir sous quelle forme se trouve l'acide phosphorique dans notre terre du champ d'expériences; pour savoir s'il est engagé en combinaison avec de la chaux ou bien, au contraire, avec des sesquioxydes, nous avons employé l'acide acétique, qui ne dissout que les phosphates de protoxyde sans attaquer les phosphates de sesquioxyde.

Cette recherche fut exécutée sur tous les échantillons précédents et on obtint les résultats consignés au tableau III.

TABLEAU III. — ACIDE PHOSPHORIQUE ENLEVÉ A UN KILOGRAMME DE TERRE PAR L'ACIDE ACÉTIQUE A L'ÉBULLITION.

FUMURES employées.	PARCELLES CULTIVÉES EN MAÏS.			PARCELLES CULTIVÉES EN POMMES DE TERRE.		
	NUMÉROS des parcelles.	ACIDE PHOSPHORIQUE. éch. n° 1.	éch. n° 2.	NUMÉROS des parcelles.	ACIDE PHOSPHORIQUE. éch. n° 1.	éch. n° 2.
		gr.	gr.		gr.	gr.
80.000 k. fumier, 1000 k. superphosphate.....	36	0.520	0.442	20	0.338	0.312
1200k. azotate de soude.	42	0.286	0.234	26	0.182	0 182
1200 k. sulfate d'ammoniaque..........	48	0.338	0.338	32	0.208	0.234
Sans engrais.........	37	0.286	0.312	21	0.312	0.286
400 k. superphosphate.	47	0.260	0.234	31	0.208	0.404

On voit que partout l'acide acétique a dissous une quantité sensible d'acide phosphorique; l'expérience nous enseigne donc nettement qu'une importante fraction de l'acide phosphorique contenu dans le sol du champ d'expériences se rencontre à l'état de phosphate de protoxyde, et il devenait dès lors très probable que, cet acide étant assimilable, il devenait inutile d'en ajouter de nouvelles proportions.

Toutefois le moyen d'attaque employé est encore assez énergique : nous avons fait bouillir nos terres avec l'acide acétique et nous avons pu extraire un tiers environ de l'acide phosphorique total. Pour être certain que cet acide se trouvait bien dans notre sol à un état tel que les racines des plantes puissent s'en saisir, il convenait de rechercher si, en agissant à froid et avec de l'acide carbonique, nous obtiendrions une quantité d'acide phosphorique suffisante pour expliquer l'inutilité de l'addition des engrais phosphatés.

On plaça, en effet, dans un appareil Briet, qui donne, comme on sait, une dissolution assez riche en acide carbonique, un échantillon de 100 gr. appartenant à la parcelle 21, cultivée en pommes de terre depuis quatre ans et qui n'a jamais reçu d'engrais; on recueillit le liquide après que la terre avait été en contact pendant quatre jours avec l'eau chargée d'acide carbonique, on procéda au dosage; on trouva pour un kilogramme de terre 0 gr., 066; c'est-à-dire environ la vingt-cinquième partie de la quantité d'acide phosphorique contenue dans le sol de cette parcelle.

Il était intéressant de rechercher si l'acide carbonique en dissolution dans l'eau sans excès de pression était capable d'enlever à cette même terre une certaine quantité d'acide phosphorique, et on essaya comparativement l'action de l'eau pure et celle de l'eau chargée d'acide carbonique; on trouva par kilogramme de terre 0 gr., 018 d'acide phosphorique dissous quand on employa l'eau chargée d'acide carbonique et 0 gr., 006 quand on fit usage d'eau distillée.

Ainsi l'acide phosphorique du sol du champ d'expériences se dissout dans l'eau chargée d'acide carbonique; il se dissout même, en faible quantité il est vrai, dans l'eau pure, et on conçoit que les plantes puissent s'en saisir, sans qu'il soit nécessaire d'ajouter au sol qui les porte une nouvelle proportion de phosphates préalablement traités par les acides.

Nous avons voulu savoir cependant de quelle quantité l'addition des superphosphates avait augmenté la proportion d'acide phospho-

rique soluble dans les acides faibles ou dans l'eau, et rechercher l'acide phosphorique dans la parcelle **17**, qui a reçu des superphosphates en 1875, 1876, 1877 et 1878. Traitée par l'eau chargée d'acide carbonique, la terre de cette parcelle a donné 0 gr., 036 d'acide phosphorique par kilogramme, et 0 gr., 014 quand elle a été traitée par l'eau pure; ainsi le sol de cette parcelle abandonne à l'eau chargée d'acide carbonique deux fois plus d'acide phosphorique, et à l'eau pure une proportion encore plus forte que celle que donne le sol de la parcelle **21**. On a vu cependant qu'en général les rendements des parcelles qui ont reçu les phosphates sont à peu près les mêmes que ceux des sols qui en ont été privés, et c'est une nouvelle preuve à l'appui de la définition de l'engrais que nous avons donnée : c'est la matière utile à la plante qui *manque au sol*; notre sol cédant à l'eau qui circule dans la terre une quantité d'acide phosphorique suffisante pour les besoins de la plante, il est inutile d'en ajouter une nouvelle quantité.

§ 3. — Sur les différences de richesse en acide phosphorique des sols cultivés en maïs et en pommes terre.

Si on se reporte au tableau de la page 164, on reconnaîtra que les parcelles du champ d'expériences présentent des différences très considérables dans leur teneur en acide phosphorique; dans toutes les parcelles le sol cultivé en maïs renferme moins de phosphates que les parcelles correspondantes du sol cultivé en pommes de terre; cependant ces parcelles ont été tracées au milieu d'une pièce bien homogène; elles ont reçu les mêmes engrais, en même proportion, et on ne peut attribuer les différences qu'à l'espèce de la plante cultivée.

Pour mettre ces différences en relief, nous avons dressé le tableau IV, dans lequel nous calculons l'acide phosphorique contenu dans la couche superficielle en attribuant à celle-ci une épaisseur de 35 centimètres et une densité de 1100; nous avons ajouté aux chiffres ainsi calculés ceux qui représentent la quantité d'acide phosphorique qui a été prélevé sur le sol du champ d'expériences par les récoltes qu'on en a tiré. Ces derniers chiffres sont approximatifs, les éléments du calcul nous ont été fournis par les analyses qui ont été données des tubercules de pommes de terre et du maïs fourrage; nous n'avons pas nous-même procédé aux dosages sur les récoltes

du champ d'expériences; mais nous cherchons seulement le sens du phénomène, et les bases de nos calculs sont suffisantes pour nous permettre de le saisir.

TABLEAU IV. — ACIDE PHOSPHORIQUE CONTENU DANS LE SOL DES DIVERSES PARCELLES DU CHAMP D'EXPÉRIENCES.

ENGRAIS fournis aux parcelles.	MAÏS FOURRAGE. Numéros des parcelles.	MAÏS FOURRAGE. Acide phosphorique contenu dans la couche superficielle.	MAÏS FOURRAGE. Acide phosphorique prélevé par les récoltes.	POMMES DE TERRE. Numéros des parcelles.	POMMES DE TERRE. Acide phosphorique contenu dans la couche superficielle.	POMMES DE TERRE. Acide phosphorique prélevé par les récoltes.
		kil.	kil.			
Sans engrais...	37	4.812	138	21	6.699	83
1200 k. azotate de soude....	42	4.235	140	26	5.197	88
1200 k. sulfate d'ammoniaque.	48	4.585	136	32	4.889	63
80.000 k. fumier de ferme, 1000 k. superphosphate...	36	5.120	189	20	6.121	104
400 k. de superphosphate...	47	5.852	137	31	7.392	70

Il suffit d'examiner le tableau IV pour rester convaincu que les différences considérables qu'on rencontre dans les quantités d'acide phosphorique contenues dans le sol des deux parcelles ne peuvent être attribuées aux récoltes elles-mêmes; le maïs-fourrage est plus exigeant que les pommes de terre sans doute, mais s'il a enlevé pendant les deux récoltes de 1876 et de 1877 de cinquante à soixante kilogr., de plus que les tubercules de pommes de terre, on ne saurait y trouver la raison de différences qui s'élèvent à plus de 2000 kilogr., et nous tirons de l'examen de ces chiffres une conséquence importante : c'est qu'il est impossible de calculer l'état de richesse d'un sol arable en appréciant simplement les proportions de matières fertilisantes enlevées par les récoltes.

Nous sommes déjà arrivés à cette même conclusion en examinant la teneur en azote de nos diverses parcelles, nous avons reconnu

qu'on ne peut déduire la richesse du sol en azote du calcul qu'on fait habituellement et qui consiste tout simplement à comparer la quantité d'azote fournie au sol par les engrais à celle qui est enlevée par la récolte.

La question de l'enrichissement ou de l'appauvrissement du sol par les récoltes est donc infiniment plus complexe qu'on ne l'imagine d'ordinaire et elle exigera encore de longues études avant d'être régulièrement formulée.

Conclusions. — Nos expériences de culture, nos analyses du sol nous conduisent d'abord aux deux conclusions suivantes :

1° Les phosphates n'exercent aucune action utile sur le champ d'expériences de Grignon.

2° L'acide acétique enlève à ce sol des quantités notables d'acide phosphorique.

3° Y a-t-il là une relation de cause à effet, et pourrait-on affirmer qu'il est inutile d'ajouter des engrais phosphatés aux terres qui renferment de l'acide phosphorique soluble dans l'acide acétique? Il appartient aux chefs de stations agronomiques qui ont des jardins d'essai de vérifier cette conclusion sur les diverses terres qu'ils cultivent.

Il serait intéressant de reconnaître si ce procédé de recherche permet de savoir *a priori* si une terre ne doit pas être additionnée de phosphates, puisqu'on en pourrait tirer une indication pratique susceptible d'éviter aux cultivateurs une grosse source de dépenses.

NOUVELLES OBSERVATIONS SUR LE ROUISSAGE DU LIN ET DU CHANVRE.

LÉGISLATION. — HYGIÈNE

PAR

M. ALFRED RENOUARD FILS

Le rouissage du lin est généralement regardé comme une industrie agricole des plus insalubres. Nous voulons ici prouver que, s'il est dangereux d'affirmer la complète insalubrité de cette opération, il est tout aussi erroné de la considérer comme ayant, au point de vue hygiénique, des conséquences absolument nuisibles.

Historique.

Généralement, tous ceux qui se sont occupés du rouissage au point de vue hygiénique ne connaissent guère de précis à ce sujet que le fameux mémoire de Parent Duchatelet, publié en 1832 dans le tome VII des *Annales d'hygiène* et reproduit par M. Mareau, à l'occasion de la statistique officielle de 1842, dans le rapport publié plus tard en 1859.

Ce travail, qui se trouva de cette façon entre les mains des hygiénistes en 1832, et entre celles des agronomes et des économistes quelques années plus tard, eut dès lors une vogue immense, il fut longtemps le seul consulté, et encore aujourd'hui, toutes les fois que la question de l'hygiène du rouissage est remise en jeu, on y a toujours recours.

Les documents relatifs à la législation ancienne qui régit les pays producteurs de lin et de chanvre ont été recueillis par Baudrillart[1]. On y voit que toutes les « coutumes » des provinces françaises établissent sans exception qu'il est défendu, sous peine d'amende, de rouir à l'eau courante ou dans les étangs réservés pour la pêche, et on trouve plus tard cette défense confirmée par les tribunaux. Baudrillart cite en effet le texte entier des « coutumes » en question, et il rapporte en outre un arrêt du 26 juillet 1557 par lequel il est défendu aux habitants du village de Saint-Fargeau, à la requête du seigneur dudit lieu, de rouir dans les rivières avoisinantes, sous peine d'amende et de privation du droit de pêche.

La défense de rouir le lin ou le chanvre à l'eau courante est d'ailleurs réitérée en France par les arrêts du Conseil du 27 juin 1702, 17 décembre 1713, 11 septembre 1715, 26 février 1732 et 28 décembre 1756.

Cette réglementation n'était pas moins rigoureuse pour nos provinces de Flandre, célèbres à cette époque pour la fabrication de leurs toiles et la culture du lin, que pour les autres provinces françaises moins intéressées que nous à cette mesure. Il ne pouvait, par exemple, y être encore question de rouissage dans la Lys, puisque, d'après une ordonnance du roi d'Espagne, Philippe IV, de juillet 1627, réglementant la pêche dans les rivières

1. *Traité général des eaux et forêts.* — Paris, 1821-1834.

de l'Escaut, de la Durne, de la Lys et de la Deule, il était *expressément défendu* d'y faire rouir du lin, sous peine d'amende de 10 florins. Le rouissage à l'eau dormante était même le seul qui fût de longtemps autorisé, et nous voyons aussi qu'avant l'établissement des maîtrises en Flandre, l'intendant Debagnol punissait de confiscation et avait élevé de 20 à 100 florins l'amende de ceux qui auraient employé les rivières de Flandre à un travail aussi « abject ».

Comme on le voit, il n'est guère question dans tout ceci de l'influence du rouissage sur la santé publique, et toute la législation antérieure au XVIIIe siècle concernant les routoirs, législation empirique s'il en fut, ne semble avoir eu pour but que d'empêcher la mort du poisson. Cependant Baudrillart, qui commente ces règlements, semble en approuver la sévérité, et dit que les eaux dans lesquelles on fait rouir le lin occasionnent *aussi* des maladies aux bestiaux et aux hommes[1].

Au XVIIIe siècle, les auteurs de l'*Encyclopédie*, dont le but a été de réunir en un seul ouvrage tout ce qui constituait la science à l'époque où ils ont écrit, confirment cette dernière opinion, mais en la restreignant aux étangs. L'auteur de l'article *Rouissage* dit, en effet, que l'opération qui s'y fait a lieu « au grand détriment des poissons et même des animaux domestiques et des hommes qui boivent l'eau corrompue des routoirs », et il ajoute plus loin que la quantité de principes délétères dans les rivières à eau courante n'est pas assez grande pour causer le même inconvénient ; tout au plus cette eau pourrait-elle être largement narcotique et purgative. Toutefois cette opinion ne semble pas tellement établie qu'on ne doive l'accepter sans conteste, puisque, plus loin, l'auteur de l'article *Chanvre*, qui n'est évidemment pas le même, dit qu'on est *en quelque sorte* autorisé à regarder le chanvre en rouissage comme cause de maladie..., mais que « ce ne sont là que des conjectures et une simple présomption »; et il ajoute, suivant nous avec raison : « Il faut des faits bien constatés pour rejeter sur le rouissage du chanvre les maladies automnales. »

Jusqu'au commencement de ce siècle, on n'avait donc pu se former d'opinion sur l'influence du rouissage sur la santé publique. Cependant l'odeur nauséabonde des routoirs, la corruption manifeste des eaux de rouissage, l'opinion accréditée de quelques-uns

1. Voy. aussi Ramazzini, *Traité des maladies des artisans*, traduction de Patissier et Fourcroy; Paris, 1822, p. 214.

et surtout la sécheresse et l'abaissement des eaux de la Lys qui, de 1800 à 1810, suscitèrent des ordonnances préfectorales pour la défense de cette industrie, tout cela fit que sous le premier empire on accueillit avec une grande faveur le procédé de Bralle, qui consistait à traiter le lin par une dissolution de savon vert en ébullition. Napoléon Ier, qui avait montré à Fulton, à l'occasion de la machine à vapeur, qu'il pouvait parfaitement se tromper en matière scientifique, fit faire de nombreux essais sur ce système, et lui trouva dès lors une telle valeur qu'il en fit bientôt l'objet d'une circulaire spéciale ministérielle. Finalement, Bralle lui-même trouva son procédé défectueux.

Cependant, dès que l'on connut l'opinion première émise sur le procédé Bralle, plusieurs sociétés crurent faire œuvre méritoire en essayant de le propager, et en particulier la Société d'encouragement de Paris. En 1805, cette Société proposa une récompense pour celui qui adopterait le projet en grand.

Pendant deux ans, la question resta au concours. En 1807, personne ne s'étant présenté, le prix fut supprimé, mais dans le procès-verbal de la séance où furent discutés les sujets de prix, la Société exprima son opinion sur l'insalubrité du rouissage dans un sens positif et laissa imprimer les lignes suivantes : « La fermentation putride qui opère le rouissage altère l'eau au point qu'il s'en élève des vapeurs méphitiques et délétères qui portent souvent l'épidémie dans les environs des routoirs ; la manipulation du chanvre ainsi réuni devient très dangereuse à ceux qui s'y livrent. »

Cette opinion de la Société d'encouragement fit fortune. Aussi continua-t-on de tous côtés les divers essais déjà commencés pour rouir le lin manufacturièrement. Une idée qui, à cette époque, eut quelque succès, fut due au directeur du Conservatoire des Arts-et-Métiers, M. Christian ; c'était celle qui consistait à teiller le lin *sans le rouir* ; M. Christian inventa même une teilleuse spéciale destinée à propager son idée dans le public. Cette manière d'agir, qui de nos jours est usitée lorsqu'il s'agit d'employer, pour la fabrication des câbles, du chanvre vert auquel on veut épargner une manipulation coûteuse, était manifestement inexécutable pour du lin destiné à faire des toiles ou du linge de corps. Elle a été reprise en 1867 par MM. Léoni et Coblentz, qui, sous le nom de Compagnie linière française, ont fondé à Vaugenlieu et à Anizy-le-Château des teillages où l'on cherchait à réaliser cette idée. On n'y a pas réussi. Il faut

dire toutefois qu'en 1818, grâce à la haute position de M. Christian, l'idée qu'on pouvait teiller le lin sans le rouir eut auprès des hygiénistes un tel crédit que, six ans plus tard, une société fut établie à Paris, sous le nom de Compagnie sanitaire contre le rouissage, dans le but d'exploiter une machine inventée par un sieur Laforest, destinée, comme celle de M. Christian, à teiller le lin sans le désagréger. Au bout de quelques années, la Société n'existait plus.

L'année 1828 apporte un peu plus de jour dans la question. En effet, dans une discussion très intéressante sur l'insalubrité du rouissage, qui s'éleva à la Chambre des pairs à l'occasion de la loi sur la pêche fluviale, on fit une grande différence entre les inconvénients du rouissage à l'eau courante et ceux du rouissage à l'eau dormante.

Dans le projet du gouvernement, l'article 30 du titre VI était ainsi conçu : « Le rouissage dans les fleuves, rivières, canaux, etc., est *défendu* sous peine d'une amende de 25 à 100 francs. Toutefois, dans les localités où l'on ne pourrait suppléer au rouissage dans l'eau par un autre moyen, le préfet, sous l'approbation du gouvernement, pourra accorder les concessions qu'il jugera nécessaires. » Cet article fut supprimé, particulièrement sur les observations du comte d'Argent, qui insista sur l'innocuité du traitement à l'eau courante et sur le danger du rouissage à l'eau croupissante : « L'action nuisible du chanvre roui sur le poisson, dit-il, n'est peut-être qu'un préjugé, mais ce qui est malheureusement un fait certain et avéré, c'est l'insalubrité du rouissage pour la population, et les maladies épidémiques que ce rouissage ne propage que trop souvent. En empêchant ce rouissage dans les eaux courantes, où il n'offre aucun danger, vous forcerez à concentrer ce rouissage dans des mares croupissantes qui deviendront autant de foyers pestilentiels ; en un mot, vous aurez sacrifié la conservation des hommes à la conservation des poissons. »

C'est cette année même (1828) que furent fondés les divers Conseils de salubrité régionaux du département du Nord, qui, depuis, devaient être si souvent appelés à débattre la question des routoirs, et dont nous aurons occasion tout à l'heure d'examiner divers travaux. L'année suivante, nous voyons paraître les *Annales d'hygiène*, publication qui existe encore aujourd'hui, et dans laquelle nous aurons aussi à recueillir de nombreux renseignements sur cette question.

Le premier volume des *Annales d'hygiène* contient justement deux mémoires sur le rouissage, l'un du docteur Marc[1], l'autre du docteur Robiquet[2].

Le travail du docteur Marc (*Consultation sur les questions de salubrité relatives au rouissage près de Gatteville*) décèle un partisan décidé de l'innocuité. Ainsi il y est affirmé que les animaux domestiques boivent impunément l'eau de rouissage, et que les routoirs, même stagnants, n'exercent aucune influence sur la santé publique; de l'avis de l'auteur du mémoire, il serait à supposer que l'odeur serait malsaine si les eaux étaient suffisamment concentrées et non renouvelées, mais il ne fournit aucune preuve de l'exactitude de cette opinion. Le docteur Marc affirme même que, d'après les relevés de statistique, la mortalité était un peu plus forte depuis qu'on avait suspendu le rouissage à Gatteville qu'elle ne l'était pendant les sept années précédentes. Cette observation est plus logique qu'elle ne le semble en réalité. La suppression du rouissage avait en effet transformé des marais noyés ou couverts en marais à demi desséchés désormais pestilentiels, et cette mesure peut très bien, à elle seule, avoir été cause des changements subséquents survenus dans la mortalité des habitants de Gatteville.

Le mémoire du docteur Robiquet (*Sur les inconvénients que pourrait avoir le rouissage du chanvre dans l'eau qui alimente les fontaines du Mans*) est beaucoup plus étendu. M. Robiquet y parle au nom de l'Académie de médecine, ce qui donne à son mémoire un intérêt tout particulier. Quoique tout aussi négatif que le précédent au point de vue de la question d'insalubrité, il décèle dans son ensemble incertitude et hésitation. Il fut adressé comme réponse à diverses questions posées à l'Académie par le Conseil municipal de la ville du Mans, questions qui portaient sur la possibilité d'alimenter les fontaines publiques de la ville avec les eaux des rivières de l'Huisne et de la Sarthe, dans lesquelles on faisait rouir du chanvre.

La commission nommée à ce sujet fut composée de MM. Duméril, Marc, Pelletier, Villermé et Robiquet.

Les questions posées étaient au nombre de trois. A la première: « L'opération du rouissage peut-elle rendre l'eau insalubre et malsaine comme boisson ? » il fut répondu que tout dépendait du

1. *Annales d'hygiène et de médecine légale*, 1829, t. I, p. 334.
2. *Loc. cit.*, t. III, p. 237, 1850.

degré de concentration, ce qui équivalait pour ainsi dire à ne rien répondre du tout, puisqu'on ne pouvait indiquer ce degré. Mais malheureusement la seconde question demandait plus de précision : « Les eaux d'une rivière, y était-il dit, dont le cours est considérablement affaibli pendant l'été et le volume réduit à trois mètres cubes par seconde, peuvent-elles être altérées dans leurs qualités potables par l'opération du rouissage du chanvre, au point de devenir malsaines et nuisibles pour la santé de l'homme dans l'usage habituel de la vie? » Au lieu de répondre directement, soit en analysant les eaux dont il était question, soit en commentant des expériences déjà faites, on tourna autour de la réponse, disant que toutes les données manquaient pour la résoudre, que tout dépendait des quantités de chanvre employées, de l'éloignement des routoirs, que le danger était vraisemblablement « nul ou presque nul », mais qu'il fallait prendre des précautions quand même. Enfin quand, pour résoudre la dernière question, il fut question d'indiquer un moyen d'assainissement des eaux, on conseilla tout simplement l'exposition ou le passage au travers de couches massives de sable ou de charbon.

Ce ne fut que trois ans plus tard, en 1832, que nous voyons cette question traitée à nouveau dans la même publication. Le tome VII des *Annales d'hygiène* contient en effet deux mémoires, l'un qui n'est autre que le fameux travail de M. Parent Duchatelet, intitulé : *Le rouissage du chanvre considéré sous le rapport de l'hygiène publique*[1], l'autre du docteur Giraudet, de Cusset-Vichy, relatif à *l'influence que peut avoir sur la santé publique le rouissage du lin et du chanvre*[2].

Décidément, la publication officielle des hygiénistes abondait dans le sens de l'innocuité, car les deux mémoires que nous venons de citer, de même que leurs précédents de 1829, concluaient au *laisser faire*.

Le mémoire de Parent Duchatelet est, comme on le sait, fort optimiste. Il présente dans son ensemble certains faits inattaquables, mais il en est bon nombre sujets à caution. Parmi les expériences qui, à notre sens, n'ont qu'une valeur relative, nous citerons celles sur l'absorption, les émanations et la vie des poissons.

1. *Loc. cit.*, t. VII, p. 541, 1852.
2. *Loc. cit.*, t. VII, p. 337, 1832.

Les expériences sur *l'absorption*, par exemple, ont été faites avec des eaux nauséabondes, très-chargées de matières organiques, qu'on n'aurait jamais eu l'intention de faire servir comme boisson, et il nous semble un peu puéril de démontrer qu'elles ne sont pas nuisibles ; on peut cependant en tirer comme conclusion que ceux qui en auraient absorbé par mégarde (hommes ou animaux domestiques) ne sauraient être empoisonnés. Ce qu'il eût fallu surtout démontrer, c'est que certaines eaux qui ont servi au rouissage et qui, par la précipitation d'une partie des détritus qu'elles tenaient en suspension, ont une limpidité trompeuse ; ce qu'il eût fallu démontrer, dis-je, c'est que ces eaux ne sont pas vénéneuses, et rien n'est moins prouvé. Ajoutons qu'on n'aurait pas dû essayer l'effet de ces eaux sur de vieux malades, sur ce qu'on appelle à proprement parler des piliers d'hôpital, dont l'estomac, habitué à toutes sortes de drogues, ne saurait être pris comme terme de comparaison. Les expériences sur les *émanations* ne peuvent non plus amener à de sérieuses conclusions. En effet, de ce que plusieurs personnes sont restées, pendant huit jours, dans une chambre parsemée de tiges rouies et gluantes, on ne peut conclure qu'elles auraient pu y demeurer une année entière. Il est bien des odeurs que l'on peut supporter pendant quelques jours, mais auxquelles on ne saurait s'habituer pour la vie. Il faut plutôt s'en rapporter, pour ce qui concerne ces émanations, à l'expérience séculaire qui en a été faite par les rouisseurs de profession qu'à une simple expérience de laboratoire, quelque bien conduite qu'elle soit.

Enfin, l'on doit se méfier aussi des expériences *qui concernent le poisson*, et qui semblent prouver que certaines matières, le foin par exemple, amèneraient plus rapidement la mort du poisson que le chanvre. Est-il raisonnable, en effet, de comparer le chanvre, dont certains types atteignent la grosseur d'un rotin, particulièrement le chanvre dit géant, qui croît en grande abondance en Piémont[1] et dans certaines parties de l'Anjou, au foin de prairie, qui présente une surface bien autrement grande à l'action dissolvante de l'eau?

Nous devons le dire, les expériences de Parent Duchatelet sont conduites avec art et bien présentées, mais l'auteur a fini par exagérer l'importance des résultats qu'il en a obtenus, et il en tire des conclusions inadmissibles. Témoin celle-ci : « On peut, sans in-

1. Bodio (Luigi), *Produzione del lino e della canapa* (*Economista d'Italia* — 1872).

convénient, recevoir et introduire dans les bassins destinés à l'approvisionnement des villes, dans les tuyaux répartiteurs, l'eau des ruisseaux dans lesquels on aura fait macérer du chanvre; la présence de ces produits de rouissage peut tout au plus nuire à la sapidité de l'eau; et, à cet égard, les sens du goût et de l'odorat sont les meilleures règles à suivre pour savoir ce qu'il convient de faire. » Évidemment, il y a exagération.

Passons au mémoire du Dr Giraudet. L'auteur habitait le village de Cusset, près Vichy, où le rouissage du chanvre, alors industrie principale du pays, occupait le cinquième de la population. Dès lors, il put parler du rouissage, non pas en commentant des expériences à huis clos, comme Parent, mais en prenant note des faits qui se produisaient sous ses yeux. Or, l'un des principaux faits sur lesquels il s'appuie pour démontrer l'innocuité du rouissage, est celui des habitants de Cusset qui, pour éviter que leur chanvre, au moment de la crue des eaux du Jolan, ne soit entraîné par l'inondation, le transportent à demi décomposé dans leurs granges et leurs chambres à coucher, pour le replacer dans la rivière, douze ou quinze jours après, au moment de la baisse des eaux. Il y a certainement là un fait remarquable qui mérite d'être signalé.

Ce ne fut qu'en 1830 que le Conseil central de salubrité du Nord eut à s'occuper de la question, et voici à quelle occasion. Un sieur Delaby, de Courcelles, voulut faire rouir des lins dans le marais de cette commune, lequel se déverse dans un fossé dit *courant Brunel*, traversant les villages d'Auby, Flers et Roost-Warendin. Les habitants de ces villages s'opposèrent à l'établissement projeté, alléguant les dangers que leur ferait courir la double influence des exhalaisons fétides et des eaux corrompues. Le sous-préfet de Douai, chargé de statuer sur la demande du sieur Delaby, en renvoya l'examen à une commission composée des docteurs Taranger, Gronier, Mangin fils, Tesse et Duhem. Le rapport adressé par ce dernier [1] conclut au rejet de la proposition. Dans le rapport de M. Duhem, voici surtout le fait qui mérite d'être rapporté : « Il existe, dit-il, à un quart de lieue des marais de Courrières, où l'on rouit, un moulin avec habitation; eh bien! l'odeur des exhalaisons est si forte, à cette distance, qu'à l'époque du rouissage, il est impossible de séjourner dans l'habitation dont nous parlons sans être

1. *Rapport sur l'établissement projeté des routoirs dans les marais de Courcelles*. (Rapport au Conseil central de salubrité du Nord. — Lille, 1830, p. 160.)

malade. Le meunier et sa famille sont, tous les ans, atteints de fièvre intermittente. Bien plus, l'action du gaz acide hydrosulfhydrique est encore telle qu'elle décompose les couleurs des appartements. » Puis il ajoute : « Il est vrai qu'à cet endroit les eaux sont arrêtées pour l'utilité du moulin, qu'elles y éprouvent une agitation qui favorise le dégagement des gaz; mais il est facile de juger qu'abstraction faite de ces circonstances l'eau dégagerait encore des exhalaisons malsaines. » Suivent des conditions théoriques très bien établies, constatant que l'air des routoirs contient des gaz méphitiques, et en particulier de l'acide carbonique ainsi que les gaz hydrogène sulfuré et carboné. Toutefois, le rapporteur ajoute : « Que l'expérience ne confirme pas toujours ce que la théorie avance relativement au danger des exhalaisons du rouissage; nombre de communes qui s'adonnent à cette opération ont offert une atmosphère pure et très salubre, lorsque dans le même temps un air contagieux frappait d'épidémie des villages qui ne sont entourés d'aucun routoir. » Bien que la constatation d'un semblable fait fût de nature à devoir amener quelque hésitation dans les conclusions du rapport, celui-ci n'en déclare pas moins sans ambage qu'à son avis le rouissage doit être considéré comme une opération insalubre.

M. Duhem ajoute comme corollaire à son rapport une sorte de réfutation[1] de la consultation du docteur Marc, insérée, comme nous l'avons dit plus haut, dans les *Annales d'hygiène*. Ce second rapport n'ajoute rien au précédent; l'auteur voulait surtout prouver que l'eau des routoirs ne pouvait être « impunément bue », ainsi que l'avait prétendu M. Marc, et, plus tard, Parent-Duchatelet. Sur ce point, il était dans le vrai.

La question ne fut reprise au Conseil de salubrité du Nord qu'en 1850. Contrairement aux *Annales d'hygiène*, les publications annuelles de ce conseil s'étaient jusque-là prononcées pour la suppression des routoirs ; nous allons voir qu'elles changèrent bien vite d'opinion.

Ce fut le conseil général du département qui en fut le promoteur. Il paraît que certains membres de cette honorable assemblée habitaient dans le voisinage des routoirs et en trouvaient l'odeur incommode. Ils chargèrent M. Charles Desmoutiers d'être l'interprète de leurs plaintes, et, finalement, sur la proposition de ce der-

1. *Observations sur une consultation relative au rouissage du lin*, présentées au Conseil de salubrité de l'arrondissement de Douai, par M. Duhem. *Loc. cit.*, p. 168, 1830.

nier, interdirent d'office l'industrie du rouissage à une distance moindre de 200 mètres de l'agglomération des habitations et des principales voies de communication. C'est ce qui s'appelait agir *pro domo suâ*.

Malheureusement rien ne pouvait se faire sans le préfet. Aussi celui-ci, considérant que le conseil général était composé en grande partie d'avocats et de propriétaires, toutes personnes beaucoup moins au courant du rouissage que les hygiénistes et les agriculteurs, demanda l'année suivante l'avis des conseils de salubrité du département.

Une commission, composée de MM. Delezenne, Brigandat, Bailly et Loiset, fut aussitôt chargée, au sein du conseil central, d'examiner la situation. Les divers conseils de salubrité d'arrondissement furent appelés à donner leur avis, et bientôt M. Loiset, rapporteur de la commission, conclut au rejet de la proposition du conseil général; suivant lui, la réglementation en vigueur devait suffire, puisqu'un décret du 14 octobre 1815 rangeait le rouissage en grand dans la *première catégorie* des établissements insalubres, et que son article 12 disposait qu'en cas de graves dangers pour la santé publique, la culture ou l'intérêt général, les établissements de cette classe pourraient être supprimés ; or, depuis 1815, on n'avait encore trouvé moyen que d'appliquer une seule fois cet article 12; donc, il était fort à croire que, dans l'opinion publique, l'opération du rouissage n'avait jamais présenté de bien graves dangers.

Cette conclusion était d'autant plus importante que, comme nous l'avons dit, le conseil de salubrité condamnait ses opinions précédentes, et parlait alors, non plus au nom d'un seul arrondissement, comme en 1830, mais au nom du département tout entier. Il avait fait là en quelque sorte une *enquête officielle* sur l'insalubrité du rouissage, et cette enquête concluait au maintien de cette industrie.

En 1850, le système américain de Schenck, importé d'Amérique à Belfast, qui consistait à traiter le lin par l'eau chauffée à 90° Farenheit (32°,2 C.), et que M. Payen, de l'Institut, avait fait connaître en détail dans un rapport spécial[1] fut appliqué par MM. Scrive frères dans leur établissement de Marcq-en-Barœuil. Ce fut tout un événement. Telle était alors cependant l'incertitude générale sur

1. *Rapport au ministre de l'agriculture sur le procédé du rouissage américain*, par M. Payen (*Moniteur universel* du 4 oct. 1830).

l'innocuité des routoirs que, *sans faire aucune enquête*, le conseil de salubrité, non seulement autorisa ce nouveau mode d'agir, mais le rangea immédiatement dans la *seconde classe des établissements insalubres*, alors que le rouissage rural l'était dans la première.

Ce système, on le sait, fut bientôt abandonné à cause des résultats peu satisfaisants qu'on en obtenait au point de vue industriel. Mais durant son fonctionnement on s'était aperçu que, régi comme il l'était dans des ateliers renfermés, il ne présentait guère, au point de vue de la salubrité publique, d'avantages sur les méthodes des campagnes. L'odeur qui s'exhalait des cuves n'était ni moins forte ni moins nauséabonde, et MM. Scrive durent souvent faire à à ce sujet bon nombre d'essais pour couvrir les chaudières de baudruche ou ventiler les salles, afin d'atténuer un peu cet inconvénient. En outre, les eaux de macération, déversées dans les rivières, y amenaient tout autant de corruption que les eaux de routoir ordinaire, et l'on se rappelle les réclamations multiples des riverains de la Marcq contre le déversement des eaux industrielles de rouissage dans ce canal.

Le conseil de salubrité vit tellement bien qu'il s'était trompé que, lorsqu'un autre manufacturier, M. Dickson, filateur à Coudekerque-Branche, lui demanda, quelque temps après, d'établir un routoir industriel autour de son usine, il lui enjoignit de se conformer à quelques mesures restrictives qui atténuaient singulièrement l'autorisation. M. Dickson, de l'avis même du conseil, établissait son routoir dans un lieu plus convenable encore que celui choisi par MM. Scrive, puisqu'il n'y avait dans un rayon de 200 mètres aux alentours d'autre bâtiment que celui de sa filature. Cependant, bien que le sous-préfet de l'arrondissement de Dunkerque et le maire de Coudekerque-Branche eussent donné un avis favorable, le conseil exigea de M. Dickson « une cheminée d'une hauteur de 20 mètres construite en maçonnerie, puis une citerne pour la clarification des eaux », avec obligation d'en construire une seconde dans le cas où une seule serait jugée insuffisante.

Nous ne savons à quel propos le conseil de salubrité de la Seine eut à cette époque à débattre la question d'insalubrité des routoirs, car le département de la Seine cultive très peu de lin et n'en rouit pas. Toujours est-il que MM. Payen, Émery et Boutron furent appelés en son nom à éclairer le gouvernement sur cette question. Le

rapport[1] adressé aux ministres des travaux publics et de l'agriculture renferme deux conclusions que nous ne pouvons passer sous silence. A son avis, en effet : « 1° le rouissage du chanvre et du lin dans les rivières et cours d'eau n'offre aucun inconvénient au point de vue de la santé publique en tant que l'eau est *véritablement courante;* 2° ce mode de rouissage, déjà mis en pratique dans un certain nombre de départements, *mérite d'être encouragé*, et on doit s'efforcer de le substituer, autant que les localités le permettent, au rouissage à l'eau stagnante. » — Ainsi donc, d'après l'avis de la commission, l'eau doit être « véritablement courante », et il n'est pas question de cette myriade de cours d'eau et rivières non navigables, où l'eau est courante, mais pas encore suffisamment pour que le débit soit assez rapide pour faire disparaître toute corruption.

Ce fut en 1853 qu'eut lieu, dans le département du Nord, la seconde *enquête officielle* sur l'insalubrité du rouissage. Le gouvernement envoya, à cet effet, au conseil central de salubrité un *questionnaire* minitieusement dressé, auquel celui-ci devait avoir à répondre avec le plus de précision possible. Un membre du conseil, M. Loiset, amplifia, sur la demande du ministre, le questionnaire en question, et en fit remettre immédiatement plusieurs exemplaires aux commissions cantonales de salubrité. L'année suivante, tous les documents, centralisés par le préfet, furent résumés par le docteur Pilat, pour être transmis au gouvernement.

Or, le rapport conclut qu'à des degrés divers tous les systèmes de rouissage entraînent des causes d'insalubrité, que les eaux tuent le poisson, qu'elles ont parfois incommodé les bestiaux, et qu'elles produisent chez l'homme des fièvres intermittentes, bien que, d'après les rapports des médecins, *elles n'aient aucune influence marquée* sur la mortalité. Il ajoute que les nouveaux systèmes de rouissage prônés par l'industrie ont besoin d'être sanctionnés par le temps, et que, jusqu'à ce que l'on connaisse un système qui ait moins d'inconvénients que ceux actuellement en usage, il est nécessaire de maintenir le rouissage rural sous toutes ses formes.

En 1839, M. Mareau fit paraître le second volume de son rapport

1. *Rapport général sur les travaux du Conseil d'hygiène publique et de salubrité de la Seine*, de 1849 à 1858, p. 479. Paris, 1861.

sur l'industrie linière[1] résultant de l'enquête agricole de 1842. Il y dit qu'à son avis le rouissage ne peut être insalubre, qu'il le sait par expérience, et que souvent même il passe pour préserver du choléra. Ce dernier fait semble confirmé à l'auteur par une lettre de M. Biré, médecin à Vix, en Vendée, qui pendant 18 ans a relevé le total des fièvres intermittentes dans les communes de Doix, Vix, Maillé, etc., et les a trouvées moins fréquentes et moins tenaces que dans les portions de marais plus rapprochées de la mer; M. Biré termine sa lettre comme suit : « L'année dernière, dit-il, le choléra morbus a sévi d'une manière bien cruelle à Vix; sur 3 000 habitants, et dans l'espace d'un mois, cent personnes ont succombé. Je m'attendais *à priori* que la portion de la population qui habite sur les bords des fossés, où s'opérait alors le rouissage du lin et du chanvre, et qui boit de l'eau en rapport direct avec ces foyers d'infection, compterait le plus de victimes ; il n'en a rien été, la maladie les a épargnés en grande partie. » Ce fait mérite certainement d'attirer l'attention.

Ce fut l'excessif accroissement industriel des villes de Roubaix et de Tourcoing qui amena le conseil de salubrité de notre département à s'occuper de nouveau de l'influence que pouvait avoir sur la santé publique le rouissage du lin dans la Lys. Dès 1857, en effet, l'eau était venue à manquer presque totalement dans ces villes : prise dans toutes les mares du pays et portée en tonneaux, elle se vendait de 1 fr., 50 à 2 francs le mètre cube. Ce fut alors que l'administration municipale, voyant les industries des cités qu'elle dirigeait menacées dans leur existence, demanda à MM. les ingénieurs d'étudier la possibilité d'une distribution d'eau de rivière : MM. Kolb et Menche de Loisne, furent chargés de cette étude. Il fallait choisir entre la Lys et l'Escaut, mais ces ingénieurs se décidèrent immédiatement pour la Lys, rivière presque exclusivement française et d'un grand débit, abandonnant l'idée de s'alimenter à l'Escaut, rivière de faible débit, entièrement située sur la Belgique, et qui, pour arriver à Roubaix, devait emprunter pour son parcours un canal belge. Toutefois avant de se livrer à l'étude comparée de divers systèmes mis en avant pour l'alimentation facile des usines de Roubaix et de Tourcoing, MM. Kolb et Menche prièrent M. J. Girardin,

1. *Rapport sur l'industrie linière.* Enquête de 1872, Paris 1851 et 1859, 2 vol. Imprimerie nationale.

doyen de la Faculté des sciences de Lille, de se prononcer sur la composition chimique des eaux de ces rivières.

M. Girardin adressa sur cette question trois rapports successifs[1] à MM. les ingénieurs, les 30 mai, 6 juin et 25 septembre 1858. Il résultait de ces mémoires, au point de vue industriel, que ces eaux pouvaient très bien servir à l'alimentation des chaudières à vapeur et à la teinture, mais surtout, au point de vue hygiénique, que le rouissage du lin avait beaucoup moins altéré l'eau de la Lys que ne l'avaient fait, pour les eaux de l'Escaut et celles du canal de Roubaix les résidus industriels des usines placées sur leur parcours.

L'année suivante, le même chimiste fut plus explicite. M. l'inspecteur général des ponts et chaussées Féburier fut chargé de l'étude des projets relatifs à la distribution des eaux de la Lys dans Roubaix et Tourcoing, sur l'emploi desquelles on était maintenant fixé au point de vue industriel. Il demanda à M. Girardin, par lettres en date des 8 et 10 novembre 1859, si les eaux de la Lys, arrivant dans les chaudières de teinture, pouvaient répandre par l'ébullition une odeur qui fût nuisible à la santé des ouvriers, et si ces eaux pouvaient être employées aux usages domestiques.

Le 16 novembre 1859, M. Girardin lui répondit qu'en ce qui concernait la première question, les eaux de la Lys, qui pouvaient contenir quelque peu d'hydrogène sulfuré, perdraient la totalité de ce gaz dès les premières atteintes de la chaleur et que la quantité qui pourrait s'en mêler à une énorme quantité de vapeur d'eau n'aurait pas grand effet sur les ouvriers ; que pour ce qui était de la seconde question, les eaux de la Lys lui semblaient parfaitement pouvoir être utilisées à tous les usages domestiques et industriels, quoiqu'elles fussent peu propres cependant, à cause de l'absence de l'oxygène dans l'air dissous, et peut-être aussi à cause des matières organiques qui s'y trouvaient, à servir directement de boisson pour l'homme. A l'appui de cette dernière assertion, M. Girardin affirma qu'en Normandie on appliquait les eaux des marais à tous les besoins de la vie, à la boisson des animaux, à la fabrication du cidre, et que les eaux étaient tout aussi chargées de matières organiques que les eaux de la Lys prises au moment du rouissage. Il ajoute aussi qu'il savait très bien qu'à Comines et à Menin on fabriquait de la bière

1. *Rapport sur la composition et l'usage industriel des eaux de la Lys* (Société des sciences de Lille, 1859).

avec l'eau de la Lys à toutes les époques de l'année et que, seulement, pendant les mois de rouissage, on forçait la quantité du houblon.

De ces expériences résultait certainement un léger éclaircissement sur l'altération que le rouissage peut apporter dans l'eau courante et sur l'influence probablement nulle que cette eau absorbée pourrait exercer sur la santé. Il restait comme toujours à préciser l'influence des émanations au sujet desquelles, il est vrai, des expériences directes ne pouvaient que difficilement être faites.

Le 20 mars 1860, la distribution d'eau dans les villes de Roubaix et de Tourcoing fut déclarée d'utilité publique, et ces deux cités s'imposèrent immédiatement une dépense de deux millions de francs pour subvenir aux premiers frais. Les travaux ne furent terminés qu'en 1863.

Pendant ce temps, le gouvernement belge, sur les instances de la ville de Gand, poursuivait depuis plusieurs années une enquête agricole et industrielle sur les inconvénients du rouissage dans la Lys[1]. En juin 1860, il fit connaître au gouvernement français que, décidé à interdire le rouissage du lin dans la Lys belge, du 10 juillet au 1er septembre de l'année, il demandait qu'une semblable mesure fût prise pour la Lys française et mitoyenne. Une pareille demande valait la peine d'être examinée. Avant d'y répondre directement, on trouva bon de consulter les ingénieurs et le comité consultatif des arts et manufactures. Les ingénieurs du Nord décidèrent les premiers que la mesure devait être au moins ajournée de quelques années, parce que tous les marchés étaient conclus à cette époque, et que la mesure était trop tardivement réclamée pour ne pas occasionner une grave perturbation commerciale. Quant au comité consultatif des arts et manufactures, présidé par M. Chevreuil, il ne répondit que le 20 mars 1861, et émit l'avis, tout en réservant le principe, qu'on ne pouvait songer à prononcer immédiatement la prohibition du rouissage.

Arriva l'année 1863. Alors ce fut bien autre chose. Des travaux dispendieux relatifs à la distribution d'eau dans les villes de Roubaix et de Tourcoing venaient d'être terminés et le service d'eau allait être inauguré. C'était au mois d'août : non seulement les routoirs étaient comme d'ordinaire en pleine activité, mais ils étaient bien

1. *Discussion sur le rouissage du lin dans la Lys* au Parlement belge (Bruxelles, 1859).

plus nombreux que d'habitude, en raison de la culture du lin, conséquence de la crise cotonnière amenée par la guerre de sécession en Amérique : pour comble de malheur, il arriva que le débit de la rivière était diminué, à cause de la sécheresse, de 7 à 4 mètres par seconde, et on avait eu la malencontreuse idée d'établir la prise d'eau à Bousbecques, le village du Nord où il se rouit le plus de lin. Dès lors il arriva que, le 16 du mois, alors que pour la première fois on ouvrit les robinets de distribution, une eau bourbeuse et noirâtre s'éleva des jets divers que, pour la circonstance, on avait installés sur les places publiques, et une odeur nauséabonde se répandit dans toute la ville. De là grand émoi des habitants, rapport immédiat adressé au préfet par l'ingénieur chargé du service hydraulique, et finalement arrêté non moins immédiat du préfet, interdisant jusqu'à nouvel ordre tout rouissage dans la Lys en amont de Bousbecques. Ajoutons à tout ceci que le gouvernement belge vint apporter son appoint dans l'affaire. Le conseil de salubrité du département fut de nouveau saisi de la question, et une commission composée de MM. Meurein, Garreau et Pilat fut nommée pour l'étudier.

La commission constata tout d'abord que, grâce à la persistance de la sécheresse, la quantité de matières organiques trouvée dans l'eau était beaucoup plus considérable que celle trouvée par M. de Girardin au débit ordinaire de la Lys. Elle constata en outre qu'en admettant l'écoulement dans cette rivière des eaux vannes provenant des usines et des fabriques, on avait contrevenu à un arrêté du préfet du Nord du 6 juin 1859, fixant entre le poids des résidus industriels dans la Lys et le volume des eaux de son propre lit une proportion qui ne devait pas être dépassée. Finalement, elle demanda au préfet, afin de diminuer la quantité de matières organiques dans l'eau, tout d'abord de proscrire complétement la mise à l'eau des lins *verts* ; puis, tout en laissant aux industriels le soin de rouir comme ils l'entendraient dans la partie située *en aval* de Bousbecques, c'est-à-dire *avant* la prise d'eau, de proscrire complètement le rouissage du 1er au 5 août de chaque année, *en amont* de Bousbecques, c'est-à-dire *après* la prise d'eau.

Il est une chose à remarquer dans le rapport de la Commission, c'est que, bien que ne donnant aucune nouvelle preuve à l'appui de ses opinions, elle fut complètement de l'avis de Parent-Duchatelet, relativement à l'innocuité des émanations des routoirs.

Ce qui confirme cette croyance du docteur Pilat, rapporteur, c'est la constatation d'un fait auquel on ne peut attacher grande importance, quand on songe aux erreurs auxquelles on peut être amené avec les petites statistiques, mais que nous croyons cependant devoir rapporter : c'est que, sur une moyenne de dix années (1852-1863), dans les communes de Warneton, Comines, Werwicq-Sud et Bousbecques, qui sont situées sur les bords de la Lys dans la partie qui sert le plus spécialement au rouissage du lin, la mortalité n'était pas plus élevée et les fièvres intermittentes plus communes que dans les autres localités du département. Donc, en 1864, le rouissage, suivant les conclusions de la commission, fut prohibé en amont de Bousbecque.

A cette époque, le ministre de l'agriculture, toujours soucieux de sauvegarder les intérêts de nos régions et la salubrité publique, fit faire une enquête dans le Nord pour connaître s'il n'existait pas de système autre que le rouissage rural, au moyen duquel on pût se dispenser d'empoisonner les cours d'eau et de vicier l'air ambiant[1]. Ce fut peine perdue, car de toutes les méthodes industrielles mises à l'essai chez nous aucune n'avait survécu.

Quelques rouisseurs toutefois tentèrent l'année suivante l'essai de routoirs en ciment, sous condition d'employer l'eau à la température ordinaire. Cette innovation, due à M. Coulmont, de Flines-lez-Roches, eut quelque succès, et, encore aujourd'hui, on emploie quelques routoirs de ce genre à Raimbeaucourt et à Hasnon. On nous permettra d'indiquer en passant comment sont construits ces routoirs :

Ce sont des citernes étanches, à ciel ouvert, de 4 à 6 mètres de long sur 3 à 4 mètres de large et un peu plus d'un mètre de profondeur. Le lin, mis en *bonjeaux*, y est déposé verticalement, et on prévient par des traverses le mouvement ascensionnel des bottes que l'eau ne peut manquer de susciter. On y fait alors arriver de l'eau de condensation d'une machine à vapeur refroidie au point de ne plus marquer au thermomètre que 30 à 35°, jusqu'au parfait empli de la citerne; on fait arriver par le bas un léger courant d'eau tiède, en permettant par le haut un écoulement du trop plein correspondant. Pour simuler l'eau courante, on renouvelle incessam-

1. Vernois (Max), *Traité pratique d'hygiène industrielle et administrative*, t. I, p. 381; Paris, 1868. — Tardieu (A.), *Dictionnaire d'hygiène publique et de salubrité*, t. III. p. 529; Paris, 1865. — Lévy (Mich.), *Traité d'hygiène*, 5e éd., t. II, p. 889; Paris 1869.

ment l'eau de macération, et l'odeur qui s'exhale de la citerne est alors complètement négligeable; cependant cette odeur se fait sentir avec force lorsqu'on décharge les routoirs.

En 1866, l'extension subite causée dans la culture du lin par la crise cotonnière n'ayant plus sa raison d'être, les routoirs sur les bords de la Lys diminuèrent dans une forte proportion, et toutes réclamations cessèrent. Dès ce moment, la question qui dans l'espèce attire le plus l'attention du conseil de salubrité, c'est l'écoulement des eaux pour les routoirs isolés. On concevait, en effet, que c'était peu que d'éloigner les fosses à rouir des habitations, il fallait que celles-ci ne portassent pas l'infection au loin; et il n'arrivait que trop souvent que des eaux chargées de matières organiques laissaient dans leur parcours, sur les parois des fossés qui les recevaient un enduit visqueux qui fermentait rapidement et qui altérait complètement les eaux à demi corrompues qui arrivaient d'amont. On voit dès lors les conseils de salubrité conseiller le séjour momentané dans des citernes et l'emploi de la chaux pour la purification des eaux provenant des routoirs, et on les voit aussi établir pour la première fois une distinction bien tranchée entre les routoirs à eau stagnante et les routoirs à eau courante, ces derniers n'offrant que très peu d'inconvénients pour la santé publique, à moins qu'on n'y accumule une très forte quantité de lin sur un même point, et leur eau, peu chargée de matière glutineuse, et entraînée successivement, ne pouvant donner lieu à une fermentation bien active; et les premiers, au contraire, dans lesquels de fortes parties de lin sont concentrées, et où l'eau ne se renouvelle pas, pouvant quelquefois être considérés comme dangereux, plutôt par les conséquences qui résultent du non-curage de ces routoirs que par l'odeur qu'ils exhalent lorsqu'ils sont en activité. Ces sur ces bases qu'ont lieu dès lors les différentes autorisations qui sont données pour l'établissement de routoirs dans le Nord.

La question de l'insalubrité des routoirs ne revint en discussion que six ans plus tard, en 1872. A cette époque, on songea à *baisser d'une classe*, comme établissements insalubres, les routoirs qui jusque-là avaient toujours figuré dans la première classe. D'après une lettre du ministre de l'agriculture, M. de Goulard, adressée le 15 mai au préfet du Nord, cette mesure était demandée « par des industriels et des hygiénistes éminents », particulièrement pour les routoirs à eau courante ou pour ceux qui étaient alimentés par un

courant régulier. Les divers conseils de salubrité d'arrondissement du Nord furent consultés à cette occasion, et sur l'avis définitif du conseil central, l'industrie du rouissage fut descendue d'une classe. Pour la troisième fois, par conséquent, en 1849 d'abord, en 1853 ensuite, puis enfin en 1872, le département du Nord, par l'organe des divers conseils de salubrité, était appelé à donner son avis. C'est ce qu'on pouvait appeler la troisième *enquête officielle* sur le rouissage du lin.

Aucune publication, depuis cette époque, ne s'est occupée du rouissage. Nous avons encore cependant à signaler sur cette question l'article inséré par M. Vallin, professeur d'hygiène au Val-de-Grâce, dans le *Dictionnaire des sciences médicales*, article où la question est très clairement exposée[1]. Nous y ajouterons la communication de M. Bergé au Congrès d'hygiène de Bruxelles, en 1876, dans laquelle cet honorable docteur propose de remplacer le rouissage rural par un certain procédé Lefébure, que l'industrie connaît depuis près de quarante ans et qu'elle a déjà, depuis longtemps, rejeté comme défectueux[2].

Influence des eaux de rouissage.

L'influence des eaux de routoir doit être considérée à trois points de vue différents :

1° Influence sur l'homme et les animaux domestiques ;

2° Influence sur les poissons ;

3° Influence sur les végétaux.

1° *Influence sur l'homme et les animaux domestiques.* — Dans le rouissage à eau courante, lorsque les eaux sont malpropres et infectes, on ne les boit pas ; leur odeur nauséabonde suffit pour en éloigner l'homme, qui s'en rapporte toujours à cet égard à ses deux guides habituels : le goût et l'odorat. Dans tous les cas, les expériences de M. Girardin semblent prouver que les eaux de rouissage à eau courante, quelque peu épurées, ne sont nullement nuisibles lorsqu'elles sont employées pour les usages domestiques, tels que la fabrication de la bière, etc.

1. *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales*, publié sous la direction du docteur Dechambre. (Lettre R., p. 429.)

2. Congrès international d'hygiène et de sauvetage de Bruxelles. Bruxelles, 1877, t. I, p. 320.

On n'a d'ailleurs jamais trouvé dans les eaux colorées et nauséabondes des routoirs aucun principe directement vénéneux, mais seulement des matières organiques en grand nombre. Or, Parkes et Petenkofer ont démontré que, du moment que les matières organiques ne dépassent pas 40 à 50 milligrammes, elles ne suffisent pas pour rendre une eau impotable.

On n'a jamais pu déduire non plus de la désoxygénation de ces eaux leur influence toxique, car s'il est admis que l'oxygène soit nécessaire à la respiration des poissons, il a été démontré de même que la présence de ce gaz n'est pas indispensable dans l'eau absorbée par l'homme. Il va sans dire que, dans ce dernier cas, l'eau n'est désoxygénée qu'au sortir des routoirs, car, à quelques centaines de mètres plus loin, l'oxygène de l'air a pu se dissoudre en partie et lui restituer quelques-unes de ses qualités normales.

Ajoutons que si nous voulons nous en rapporter aux documents qui nous restent des diverses enquêtes établies au sujet du rouissage à eau courante, nous ne trouvons qu'un seul cas pour lequel l'insalubrité soit bien et dûment constatée. C'est celui qui est signalé par le docteur Hecquet, d'Abbeville[1], à propos du rouissage dans la source d'Airondel : le docteur constate que cette eau est indigeste, produit des fièvres intermittentes et occasionne des diarrhées. Mais nous ne sommes pas d'avis qu'il faille attacher à ce fait une trop grande importance, car l'analyse ajoutée au mémoire du docteur Hecquet décèle dans les eaux 0gr,09 de matières organiques, alors que toutes les analyses d'eau de la Lys n'en décèlent qu'une moyenne partie de 0gr,0300 à 0gr,0370[2].

Pour ce qui concerne les animaux domestiques, on peut s'en rapporter à leur instinct, qui rarement les trompe. Quand on considère de quel genre d'eau ils s'abreuvent parfois, avec quels délices ils absorbent le liquide des mares à purin, l'eau de savon, etc., on conçoit qu'il vaut mieux ici laisser agir la nature et ne rien préciser.

Dans le rouissage à eau dormante, l'eau, qui n'est qu'une sorte de vase liquide, n'a jamais été bue et on n'a jamais songé à la boire. Mais là où l'eau des routoirs peut devenir mauvaise, là où elle peut amener de grands dangers, c'est lorsqu'elle ne révèle ni

1. *Recherches sur les eaux de l'arrondissement d'Abbeville.* Amiens, 1869.

2. *Rapport sur les travaux du Conseil de salubrité du département du Nord en 1861*, t. XX, p. 112; Lille, 1861; et t. XXXI à XXV, de 1862-1866.

au goût ni à l'odorat aucun caractère général et qu'elle a pu conserver en dissolution des principes toxiques invisibles, alors que par le repos elle a pu déposer les matières visibles. Nous avons démontré dans une précédente étude (*Ann. agr.*, 1877), comment MM. A. Giard, de Lille[1], et Gérardin, de Paris[2], avaient pu trouver dans l'eau des routoirs des bactéries spéciales : dès lors il se pourrait, et c'est là l'opinion que professe M. A. Gérardin, que la présence de ces êtres inférieurs pût déterminer par elle seule l'insalubrité de l'eau.

2° *Influence sur les poissons.* — Que l'eau des routoirs soit nuisible aux poissons, cela n'est pas douteux : l'opération du rouissage désoxygène l'eau, et comme l'oxygène est indispensable aux poissons, ceux-ci meurent, faute de pouvoir respirer. S'ensuit-il cependant de cette observation que l'on doive interdire le rouissage partout où l'on craindrait de nuire aux poissons? Certainement non; il faut ici bien distinguer, et généralement, comme le disait le comte d'Argout, en 1828, à l'occasion d'un projet du gouvernement relatif à la conservation de la pêche et dont le but était d'empêcher de rouir en plein air, « là où la culture est peu considérable, elle ne saurait porter dommage à la pêche, et là où cette culture est considérable, elle constitue un intérêt supérieur à la pêche ».

Parent-Duchatelet a fait sur ce sujet bon nombre d'expériences que nous ne pouvons apprécier à leur juste valeur. On sait, en effet, aujourd'hui, et l'on ne savait pas alors, de quelle influence pouvait être la désoxygénation de l'eau sur la mort des poissons. Or, Parent-Duchatelet ne s'est nullement préoccupé dans son travail de cette cause importante de mortalité; il semble pouvoir se mettre à l'abri de tout reproche, lorsque ces poissons ont pu être pris en captivité sans la moindre contusion et lorsqu'il a su les soustraire à l'influence d'une température qui ne leur convenait pas. Ajoutons qu'à l'époque où il a écrit on était « dans une ignorance profonde », comme il l'avoue lui-même, « sur la pathologie des poissons », et qu'aujourd'hui il est assez facile de préciser, à peu de chose près, les mœurs et les habitudes des espèces les plus répandues.

Parmi les poissons, il en est qui supportent plus ou moins facile-

1. A. Giard, *Note sur une bactérie chromogène des eaux de rouissage du lin* (Ann. des Sciences nat., t. V).

2. A. Gérardin, *Altération et assainissement des rivières* (Arch. des missions scientifiques, 1877).

ment un degré d'impureté assez élevé et sur lesquels la désoxygénation partielle de l'eau a moins d'influence; telles sont particulièrement les *anguilles*. Les *grenouilles* rentrent à peu près dans la même catégorie, quoiqu'elles soient réputées ne supporter qu'un faible degré d'impureté. Les *mollusques* que l'on rencontre dans l'eau s'attachent aux herbes des rives lorsque le trouble du liquide ne leur permet pas d'y séjourner, et ne reviennent que lorsque leur instinct leur a indiqué qu'ils pourraient y vivre. M. Vallin cite le *planorbis corneus* et surtout le *bithynia impura* comme caractérisant les eaux déjà corrompues, impropres même à l'usage externe : « ce sont là, dit-il, en quelque sorte, les derniers représentants du règne animal dans les eaux qui tirent leur altération des matières végétales en décomposition ».

3° *Influence sur les végétaux.* — Nous aurons l'occasion d'étudier ultérieurement l'influence des résidus de routoir employés comme engrais. Nous ne voulons parler en ce moment que de l'influence de ces résidus sur les plantes en pleine végétation.

D'une manière générale, les végétaux attaqués par les eaux de routoir périssent, y compris les algues et les plantes vertes : quelques-uns, tels que l'*Arundo phragmites*, le *Potamogeton pectinatus*, le *Ceratophyllum submersum*, etc., peuvent résister, mais ils n'ont jamais la vigueur qu'ils acquièrent dans une eau pure et limpide.

La plante la plus sensible est le *cresson*, qui ne peut vivre que dans les eaux de source, à tel point que M. Dumas avait conseillé de s'en servir comme réactif pour mesurer la désinfection complète des eaux vannes de Paris avant de les rejeter dans la Seine. Viennent ensuite les *épis d'eau* et les *véroniques*, puis, à un degré un peu moindre, les *roseaux*, les *joncs*, les *nénuphars*, les *menthes*, puis enfin les *carex*.

Influence des émanations des routoirs.

Il faut bien distinguer ici entre les divers systèmes de rouissage, à l'eau courante, à l'eau dormante et sur pré.

Généralement, pour ce qui concerne l'eau courante, les émanations ne produisent pas de fièvres intermittentes. Les plaintes des riverains, dans les pays à routoirs, sont peu nombreuses, et, dans toutes les enquêtes qui ont eu lieu, on s'accorde à dire que l'in-

dustrie du rouissage n'a aucune influence sur la mortalité. Je ne trouve, dans tous les documents que j'ai pu me procurer à ce sujet, qu'un seul cas qui constitue une exception à cette règle, c'est celui qui est cité plus haut et où il est constaté que les eaux provenant des routoirs de Courcelles et battues par les roues d'un moulin ont produit des fièvres dans le pays. Ajoutons que souvent les *rouisseurs* de profession jouissent d'une très bonne santé.

Pour ce qui concerne l'eau dormante, c'est autre chose. Dans les diverses enquêtes qui ont eu lieu, on a signalé parfois des fièvres intermittentes. Ainsi, nous nous rappelons qu'à l'enquête de 1872 on a cru pouvoir affirmer, pour ce qui concerne l'arrondissement d'Hazebrouck, que la gravité que présentaient ces fièvres dans les maisons pauvres établies dans le voisinage des routoirs avait quelque peu pour cause l'étendue de cette industrie. C'est donc un point qui peut être considéré comme fixé, que l'eau dormante peut, dans certains cas, amener des inconvénients.

Mais il nous semble qu'ici il y aurait des distinctions à établir. A notre avis, les émanations des routoirs à eau dormante pendant la durée du rouissage rentrent à peu près dans le cas de l'eau courante; mais elles sont surtout à craindre après la saison du rouissage, alors que les marais non curés, à demi desséchés et remplis de matières organiques en putréfaction, sont autant de foyers pestilentiels. Nous sommes en cela de l'opinion de M. Vallin, qui considère les routoirs comme des marais qui restent submergés, à l'époque dangereuse des chaleurs, dans lesquels on s'efforce d'accumuler et de retenir l'eau, alors que les points marécageux du voisinage exposent leur fond vaseux et à demi desséché aux ardeurs du soleil de juillet, d'août et de septembre. Il n'y a en effet aucune comparaison à établir entre l'action nuisible des marais découverts et celle des marais noyés.

Il ressort de cette dernière observation que lorsqu'on donne à un cultivateur l'autorisation d'établir un routoir, on devrait aussi exiger de lui l'obligation de le curer intérieurement.

Enfin, pour ce qui concerne le rouissage sur pré, il est avéré que les émanations ne sont pas à craindre. Parfois, au moment des fortes chaleurs, l'odeur en est incommode et désagréable, mais elle n'a jamais eu assez d'intensité pour provoquer les plaintes des voisins.

Législation et réglementation.

Pour établir un routoir, il est nécessaire tout d'abord de faire présenter au préfet du département une demande d'autorisation. Cette demande doit être accompagnée d'un plan détaillé du routoir projeté, et doit contenir l'indication de toutes les habitations situées dans un rayon de 800 mètres au moins aux alentours.

Dès que la demande est faite, elle est affichée dans toutes les communes situées dans un rayon de cinq kilomètres autour de l'établissement en question, puis elle est l'objet d'une enquête *de commodo et incommodo* : dès lors, dans un délai indiqué, tout individu a le droit de venir déposer, entre les mains du commissaire enquêteur, toutes observations pour ou contre le projet. Les documents concernant l'enquête sont remis, une fois celle-ci terminée, entre les mains du conseil d'hygiène et de salubrité de l'arrondissement. Finalement, sur le vu de celui-ci, l'inspecteur de la salubrité, avec un ou plusieurs membres du conseil s'il en est besoin, se rend sur les lieux, et bientôt un rapport motivé est remis au préfet, qui décide, d'après ses indications, si l'autorisation doit être accordée.

Généralement et à moins de cas exceptionnels, cette autorisation est toujours donnée sous certaines conditions et avec quelques restrictions.

Les *conditions* ont été établies dans le département du Nord par un arrêté préfectoral du 30 septembre 1807, confirmé par un second arrêté du 1er août 1825. Outre l'autorisation supérieure, elles exigent que le rouissage à eau dormante n'ait lieu que dans des fossés sans communication avec aucun cours d'eau ou privés d'écoulement vers le cours d'eau destiné à les alimenter. Les routoirs doivent en outre être éloignés d'un certain nombre de mètres des habitations.

La distance exigée a beaucoup varié : ainsi, nous voyons en 1852 le conseil de salubrité du département du Nord ne tolérer de routoirs qu'à 200 mètres des agglomérations de maisons et des principales voies de communication, puis en 1860, ce même conseil, plus tolérant et mieux renseigné, donner une décision favorable à une demande d'autorisation d'un routoir situé à 100 mètres seulement des habitations. Aujourd'hui généralement on tolère 100 mètres.

Nous devons dire cependant que, pour ce qui concerne une partie de notre département, les conditions relatives à l'isolement absolu des routoirs d'avec les fossés de desséchement sont inexécutables: nous voulons parler du pays situé entre Bergues et Dunkerque, dit *Waeteringué*. On y a affaire en effet à un terrain absolument plat, susceptible d'être couvert uniformément par les eaux pendant un temps plus ou moins long, lors des grandes pluies, et il n'est guère possible d'empêcher le trop-plein des routoirs de se déverser sur les terres environnantes et de là dans les fossés de desséchement; aussi y tolère-t-on de faire servir ces fossés eux-mêmes comme routoirs en y rendant les eaux stagnantes au moyen de bâtardeaux. Il ne reste plus dès lors à l'autorité locale qu'à prévenir par des prescriptions suffisantes la rupture intempestive de ces bâtardeaux (ce qui mettrait subitement en contact les eaux corrompues des routoirs avec les eaux plus pures de la partie libre du fossé correspondant) en réglementant leur minimum d'épaisseur, le délai après lequel ils peuvent être enlevés, le niveau auquel ils doivent être élevés.

Ce fut le 25 janvier 1868 qu'un décret fut émis relativement à la pêche fluviale et porta (art. 15) que des arrêtés préfectoraux, rendus sur les avis des ingénieurs et des conseils de salubrité, détermineraient la durée du rouissage, l'emplacement des routoirs et les mesures à prendre pour l'évacuation des eaux [1]. A partir de ce moment, la question du rouissage a donc été complètement remise entre les mains de l'autorité supérieure, qui maintenant peut à son gré supprimer ou tolérer les routoirs; ce décret est sage en ce sens qu'il rend juges de la salubrité les ingénieurs et les conseils départementaux nommés à cet effet, et il nous semble de beaucoup préférable, même à la prohibition complète dans les cours d'eau qui, se pratique en Russie et dans certaines parties de l'Allemagne [2].

Telles sont les *conditions* généralement exigées pour l'établissement d'un routoir. Quant aux *restrictions* diverses que l'on joint généralement aux décrets d'autorisation, elle sont assez variables.

Ainsi, nous voyons en 1860 un exemple de tolérance extrême,

1. *Décret du 25 janvier* 1862 *portant règlement sur la pêche fluviale.* (§ 15 : *emplacement des routoirs; autorisation par le préfet; durée du rouissage; évacuation des eaux de rouissage dans les cours d'eau.*)

2. Voy. à ce sujet *Das Flachsröten in Sanitatspolizeilicher Beziehung.* (*Casper's Vierteljahrschrift*, 1861.)

lorsque le conseil départemental accorde une autorisation d'établissement de routoir à 100 mètres d'une habitation, et sous condition que celui-ci ne pourrait être étendu sur un terrain plus rapproché de 50 mètres de la station du chemin de fer. Il faut avouer que cette distance de *cinquante* mètres est bien peu de chose, et il est fort à croire qu'il ne devait y avoir à proximité ou qu'une seule ou qu'un petit nombre de maisons : une telle autorisation ne nous paraît pas probable pour un *groupe* d'habitations.

Une autre fois, le conseil de salubrité *refuse* toute autorisation, à cause de la proximité du routoir d'un chemin de grande communication et de son peu d'éloignement de la gare.

Dans un autre cas, il *accorde* l'autorisation, sous condition de ne pas modifier l'état des cours d'eau et de se soumettre par avance aux conditions de l'administration de desséchement de la vallée, si celle-ci jugeait bon d'entreprendre quelques travaux. Ceci est, comme on le voit, d'une extrême prudence.

Autre exemple. En 1863, des conclusions favorables sont accordées à l'établissement d'un routoir avec cette restriction : que si les eaux, à la sortie de la fosse à rouir, répandaient des exhalaisons de nature à porter atteinte à la salubrité publique, le pétitionnaire serait tenu de construire quelques bassins dans lesquels les eaux, mises en contact avec un lait de chaux, y séjourneraient pour en sortir clarifiées avant de se rendre dans la rivière de déversement. Et cela malgré les plaintes d'un maire d'un village voisin, qui se plaignait du dégagement probable des gaz nauséabonds et craignait que cette industrie ne dépréciât les propriétés contiguës et ne portât préjudice aux ressources de l'octroi.

Enfin, dans un autre cas, on a exigé que les eaux fussent désinfectées à la sortie des routoirs ou que du moins elles subissent une certaine épuration.

Ces deux derniers exemples sont les plus restrictifs que nous ayons à signaler.

En somme, les conseils de salubrité insistent surtout sur le mode de déversement des eaux et veillent avant tout à ce que celles-ci n'aillent pas souiller les rivières voisines. Ils exigent aussi un cerain éloignement des habitations pour ne pas incommoder les voisins, mais ils sont dans ce cas assez tolérants.

Pour terminer, nous dirons un mot de ce qui concerne l'utilisation des résidus qui proviennent du *curage* des routoirs. Il a déjà été

dit depuis longtemps que ces résidus pouvaient être employés comme engrais, mais les cultivateurs ne le savent pas assez. Déjà, en 1816, dans l'*Encyclopédie méthodique*[1], Bosc disait : « Aujourd'hui, en Angleterre, l'*eau* même dans laquelle le chanvre ou le lin sont rouis est employée à l'engrais des terres, et une expérience constate qu'un champ produisant 10 francs en produit 50 lorsqu'il a été ainsi arrosé. » Plus tard, dans son cours du Conservatoire, Payen rappelait la richesse de cet engrais : « Si l'on rend au sol, par des irrigations, les substances contenues dans les eaux de rouissage, si, de plus, on utilise pour la nourriture et l'engraissement des animaux les capsules, la graine ou les tourteaux et que le fumier en revienne à la terre, ainsi que les cendres des chenevottes brûlées sous les chaudières, on comprend que, dans ces circonstances, la culture du lin ne soit pas épuisante, qu'elle puisse même contribuer à élever la puissance du sol; car on n'aura extrait, en définitive, que les fibres textiles formées de cellulose presque pure et ne contenant qu'un principe immédiat non azoté, dont les éléments se trouvent ordinairement en excès dans les terres cultivées. »

La preuve qu'on ignore généralement la puissance de fertilisation de ces résidus réside dans le fait suivant. En analysant les publications italiennes à l'Exposition de 1878, M. Dehérain relatait qu'à Acireale, en Sicile, on avait construit un immense routoir communal en maçonnerie, divisé en nombreux compartiments, dans lesquels les cultivateurs pouvaient faire rouir leur lin au prix très modéré de 28 centimes les 100 kilogrammes : un canal spécial en maçonnerie conduit alors directement à la mer les eaux de macération. Ceci est très bien, mais il nous semble que l'enlèvement de ces eaux, riches en matières organiques, enlève à l'agriculture une masse énorme d'engrais et ne peut manquer d'appauvrir le sol, et qu'il eût été bien préférable, puisque la commune voulait bien faire quelques dépenses à l'occasion du rouissage, de réunir ces eaux, avant que de les perdre, dans des réservoirs souterrains où elles auraient pu déposer les matières dont elles s'étaient chargées. L'année qui suivit cette installation, M. Fausto Sestini, directeur de la station agronomique de Rome, insistait justement[2] dans une

1. Bosc, *Dictionnaire de l'agriculture de l'Encyclopédie méthodique*, article Rouissage, t. V; Paris, 1816.

2. Voy. pour plus de détails *Manuale* n° 61 (*Per la macerazione delle piante*, etc.); Roma, 1873.

statistique sur le rouissage, sur l'emploi avantageux que l'agriculture italienne aurait pu faire des résidus des routoirs de Lombardie.

CONCLUSIONS

Des observations qui précèdent on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Les opérations du rouissage à l'eau courante et du rouissage sur pré peuvent être regardées comme n'ayant aucune influence sur la santé publique ;

2° Les routoirs à eau dormante doivent au contraire être considérés comme dangereux, mais plutôt par les conséquences qui résultent du non-curage de ces routoirs, que par l'odeur qu'ils exhalent lorsqu'ils sont en activité ;

3° L'eau des routoirs à eau courante n'est généralement pas vénéneuse pour les hommes ; mais il n'en est pas de même des eaux de routoir à eau dormante, dont l'influence toxique est, dans certains cas, sinon prouvée, du moins probable ;

4° Les bestiaux n'ont été que rarement incommodés par les eaux de routoir, de quelque source qu'elles proviennent ;

5° Les eaux de routoir tuent toujours le poisson ;

6° D'une manière générale, les végétaux attaqués par les eaux de routoir périssent.

7° Enfin, les meilleurs moyens de diminuer l'odeur et d'atténuer les causes d'insalubrité sont, pour le rouissage à eau courante, de proscrire la mise à l'eau des lins verts, le jour de la récolte, et avant toute dessiccation préalable ; pour le rouissage à eau dormante qui exige la mise à l'eau de ces lins verts, d'exiger que les tiges, avant d'être mises à l'eau, soient *érussées*, c'est-à-dire autant que possible débarrassées de leurs feuilles, et que les routoirs soient curés à fond après la saison de rouissage.

SUR LA PROPORTION DE L'ACIDE CARBONIQUE DANS L'AIR

PAR

M. J. REISET.
Correspondant de l'Académie des sciences.

Les traités de chimie qui se succèdent reproduisent à peu près textuellement la déclaration suivante, devenue classique et pour ainsi dire officielle : « L'air atmosphérique contient une petite quantité d'acide carbonique variant ordinairement entre 4 et 6 dix-millièmes en volume. « En consultant les travaux les plus précis des savants illustres qui ont contribué à faire adopter ces chiffres, on s'étonne de constater des variations brusques dans les proportions de l'acide carbonique atmosphérique; on trouve, dans les mêmes conditions météorologiques, qu'à quelques heures de distance, les chiffres sont souvent doublés. Il semble même que ces variations inexplicables donnent le droit de mettre en doute l'exactitude absolue des résultats publiés et surtout la sûreté des déductions, suivant moi trop positives, qui en sont tirées. De nouvelles recherches pouvaient être utilement entreprises sur ce sujet intéressant, et, après avoir étudié une méthode qui permet d'aborder la solution du problème en rase campagne, loin des habitants, j'ai l'honneur de présenter à l'Académie la première partie de ces recherches, commencées dès le mois de juin 1872.

Un attrait particulier m'a encouragé : en poursuivant ce long travail, parfois pénible et monotone, ma pensée se reportait aux admirables phénomènes de végétation ou de combustion et aux grands résultats produits par les quelques dix-millièmes d'acide carbonique répandus dans notre atmosphère. Mais, pour déterminer ces dix-millièmes avec précision et rendre les erreurs d'observation moins sensibles, il paraît tout d'abord nécessaire d'opérer sur un volume d'air assez grand. J'ai donc fait construire deux aspirateurs d'une contenance de 600 litres environ ; chacun de ces aspirateurs, en forte tôle galvanisée et pourvu de leurs robinets en bronze pour le service, est solidement installé sur un bâti convenable, avec brancards pour atteler un cheval ; des roues supportent ce train mobile, de manière à faciliter le transport dans les champs, dans les bois ou au milieu des récoltes. Une petite cabane couverte

suit l'aspirateur ; dans ce laboratoire en plein vent, on dispose les appareils qui doivent servir à absorber en même temps l'eau et l'acide carbonique contenus dans un volume d'air exactement mesuré. La vapeur d'eau est recueillie et pesée dans un tube en U contenant des fragments de pierre ponce imbibée d'aide sulfurique concentré.

Pour doser l'acide carbonique, j'ai adopté la méthode volumétrique basée sur l'emploi de liqueurs titrées. Quand on dirige un volume connu d'air, plus ou moins chargé d'acide carbonique, dans une solution aqueuse de baryte préalablement saturée, on peut admettre que le carbonate de baryte formé et précipité à l'état insoluble représente exactement la totalité de l'acide carbonique contenu dans ce volume d'air. En prenant les précautions nécessaires, l'absorption de ce gaz est en effet complète. La capacité de saturation de l'eau de baryte, avant et après l'expérience, est déterminée par un acide titré. Le poids de la baryte éliminée, à l'état de carbonate insoluble et séparée par le repos, se trouve ainsi très rapidement précisé. Un calcul des plus simples donne l'équivalent d'acide carbonique pour le poids d'acide titré employé. En opérant avec l'acide sulfurique convenablement étendu, ce procédé m'a donné les meilleurs résultats.

Voici, en quelques mots, les principales dispositions adoptées : 100 centimètres cubes d'eau de baryte sont distribués dans un grand barboteur en verre à trois boules ; trois barboteurs semblables sont réunis en batterie. Quand l'aspirateur fonctionne, l'air, divisé en petites bulles par les tubes plongeurs, traverse successivement les neuf boules, contenant ensemble 300 centimètres cubes d'eau de baryte : aucune trace d'acide carbonique n'échappe au liquide absorbant ; on peut constater que les deux dernières boules restent ordinairement très limpides après un débit de 600 litres d'air en douze heures. Quand l'expérience est terminée, on réunit avec soin l'eau de baryte des trois barboteurs dans un flacon ; le carbonate se dépose rapidement, et après quarante huit heures on prélève avec une pipette spéciale la plus grande partie du liquide, très limpide, qui est ainsi séparé du précipité. Cette eau de baryte doit être analysée sans avoir été filtrée, car j'ai reconnu que le papier retient dans son tissu une notable quantité de baryte ; en employant la filtration pour séparer le carbonate, le dosage devient inexact.

L'air sec, en traversant l'eau de baryte dans les barboteurs, cause une évaporation dont il faut tenir compte. Deux moyens peuvent être employés pour faire exactement cette correction : un tube contenant de la ponce sulfurique est placé après la batterie des barboteurs et recueille la vapeur aqueuse ; la pesée de ce tube indique le nombre de centimètres cubes d'eau distillée qui doivent être ajoutés à l'eau de baryte réunie après l'expérience. Ce moyen est le plus simple ; cependant, pour éviter toute pesée, les tubes à ponce sulfurique peuvent être retranchés ; il faut alors faire un lavage méthodique des trois barboteurs avec de l'eau distillée et amener le volume total de la liqueur barytique à 450 centimètres cubes, mesurés dans un vase à col étroit, pour obtenir un affleurement exact. Le changement de volume est pris en compte dans le calcul, lorsque l'on procède au titrage. En tous cas, la différence trouvée entre les deux titres pour l'eau de baryte, avant et après l'expérience, se traduit en centimètres cubes d'acide sulfurique décime, chaque centimètre cube de cet acide équivalant à $0^{gr},00275$ CO^2 pour le carbonate de baryte BaO,CO^2.

» Dans son *Cours de Chimie*, Regnault a décrit avec beaucoup de clarté le fonctionnement d'un aspirateur dans lequel l'air pénètre sans pression : j'ai dû modifier un peu cet appareil, afin d'obtenir une circulation régulière quand sont interposés des tubes et des boules chargés ; dans ce cas, l'air qui remplit l'aspirateur a une force élastique notablement plus faible que l'air extérieur ; la différence de pression peut varier entre 20 et 30 millimètres de mercure. Pour éviter la rentrée de l'air extérieur dans l'aspirateur par le robinet à cadran qui règle l'écoulement de l'eau, la douille de ce robinet est liée avec un tube de verre de 1 mètre de longueur plongeant de quelques centimètres dans un vase rempli d'eau. Au moment où se termine l'expérience, la mesure de l'eau soulevée dans le tube de verre pourrait indiquer la pression de l'air recueilli ; un manomètre à mercure, mis en communication avec l'aspirateur, permet de déterminer exactement cette pression. On observe en même temps le baromètre et, enfin, un thermomètre dont le réservoir est placé au centre même de l'aspirateur. Avec ces données, le volume d'air analysé est ramené par le calcul ordinaire à zéro, à l'état sec et à $0^m,760$.

Pour terminer cet exposé, je dois encore ajouter que je me suis préoccupé de savoir si l'eau de baryte peut exercer une action

dissolvante sur le verre des vases en usage ; j'ai varié les essais, et je me suis assuré que, dans les conditions où se font les expériences, on n'a pas à craindre la dissolution des alcalis qui entrent dans la composition du verre. L'eau de baryte employée est d'ailleurs peu concentrée et contient, en moyenne, 20 grammes BaO par litre; elle est préparée en dissolvant les cristaux d'hydrate dans l'eau distillée, jusqu'à saturation convenable.

En installant mes appareils à la campagne, j'avais formé le projet de suivre une série d'expériences comparatives, et d'étudier particulièrement l'influence de la végétation sur la proportion de l'acide carbonique dans l'air, au milieu même des foyers de réduction ou de combustion. Un des aspirateurs a été fixé dans les champs, bien à découvert, loin de toute habitation. Cette station des champs se trouvait à 8 kilomètres environ de Dieppe, à l'altitude de 96 mètres, avec la mer pour horizon de l'ouest au nord-est. L'air était puisé à 4 mètres au-dessus du sol. Le deuxième aspirateur mobile, comme je l'ai indiqué, a été transporté successivement sous bois ou dans les récoltes. J'espère pouvoir publier prochainement les détails de ces nombreuses expériences dans les *Annales de Chimie et de Physique*, me bornant à transcrire ici des résultats généraux.

Du 9 septembre 1872 au 20 août 1873, quatre-vingt-douze expériences ont été faites de jour ou de nuit, à la station des champs; elles ont été toutes inscrites, sans exception. Pour chacune de ces expériences, la moyenne a donné $156^{cc},8$ d'acide carbonique dans $532\,906^{cc},6$ air atmosphérique sec, à zéro et à $0^{m},760$. On déduit donc, comme moyenne générale, la proportion de 2,942 d'acide carbonique dans 10 000 d'air, en volume, à la station des champs. La lecture des tableaux fait ressortir la concordance des résultats partiels; on ne trouve aucune variation dans le chiffre des dix-millièmes. La plus grande différence observée est de 3 p. 100 000 en volume, entre le maxima et le minima. Je n'ai jamais obtenu la proportion de 4 p. 10 000, et je ne parle ici que pour mémoire du chiffre de 6 p. 10 000, encore plus inexact.

Quant à la vapeur d'eau, elle varie entre des limites étendues, suivant la température de l'air et suivant son état de saturation. Voici les chiffres extrêmes fournis par mes observations. Pour un poids d'air représenté par 10 000, on a trouvé 118 30 d'eau, en poids, le 21 juillet 1873, et seulement 32 76 le 25 avril.

Les observations comparatives, sous bois et dans les récoltes, montrent que la diffusion des gaz est pour ainsi dire instantanée; les variations dans la proportion de l'acide carbonique sont à peine appréciables. Vingt-sept expériences dans un jeune bois-taillis, bien feuillu, ont donné une moyenne de 2,917 CO^2 pour 10 000 d'air en volume; tandis qu'on obtenait 2,902 CO^2 aux mêmes heures, à la station des champs.

L'air puisé dans une très belle récolte de trèfle rouge en fleurs, au mois de juin, contenait 2,898 CO^2 pour 10 000; on trouvait pendant ce temps 2 915 CO^2 à la station normale.

Une prise d'air établie à 0^m,30 au-dessus du sol, dans un champ d'orge garni de luzerne, en pleine végétation, au mois de juillet, donne pour moyenne de l'acide carbonique 2,829; à la station des champs, on trouve 2,933 CO^2 pour 10 000 d'air.

La présence d'un troupeau de trois cents moutons au pâturage, dans le voisinage de l'appareil, pendant une belle journée calme, s'est révélée par une augmentation notable dans la proportion de l'acide carbonique : on a obtenu 3,178 CO^2 pour 10 000 en volume.

A Paris, rue de Vigny, près du parc Monceau, pendant le mois de mai, alors que les feux commencent à s'éteindre, la proportion d'acide carbonique se règle à une moyenne de 3,027 p. 10 000 d'air en volume, cette moyenne déduite des observations que j'ai faites pendant les années 1873, 1875 et 1879.

L'ensemble de mes expériences m'autorise à poser cette conclusion générale :

L'air atmosphérique libre contient, en moyenne, 2,942 acide carbonique pour 10 000, en volume. Dans des conditions très diverses, les variations extrêmes n'ont pas dépassé 3 p. 100 000.

Si l'on veut étudier les relations qui peuvent exister entre ces variations et les différents états de l'atmosphère, on devra employer des méthodes rigoureuses, permettant d'affirmer l'exactitude des cent-millièmes. Tel est le but que je désire atteindre en poursuivant mes recherches.

DE L'ORIGINE DE L'ACIDE CARBONIQUE ATMOSPHÉRIQUE

ÉTUDE THÉORIQUE ET EXPÉRIMENTALE

PAR

M. STANISLAS MEUNIER
Docteur ès-sciences, aide-naturaliste au Muséum d'histoire naturelle.

Il est peu de sujets à l'égard desquels on ait fait plus d'hypothèses que l'origine de l'acide carbonique contenu dans l'atmosphère et qui fournit à la végétation l'un de ses aliments principaux. Tant que l'imagination est seule intervenue dans l'étude du problème, on a pu douter de le voir jamais résolu, mais des observations exactes et des expériences positives permettent aujourd'hui d'être plus confiants à cet égard.

C'est ce que je vais essayer de montrer.

I

Il importe avant tout de bien préciser la question.

L'échange de l'acide carbonique entre les plantes, qui le décomposent pour en fixer le carbone dans leurs tissus, et les animaux qui le reconstituent en brûlant par digestion les matières végétales, est un des exemples les plus classiques des cercles harmoniques que l'étude de la nature nous offre de toute part. On est porté à en conclure à première vue qu'une quantité donnée, toujours la même et en définitive peu considérable, suffit aux besoins indéfinis du monde organique.

Or, il est loin d'en être ainsi, plusieurs causes énergiques concourant à soustraire de l'atmosphère l'acide carbonique qui s'y trouve dissous. Nous rappellerons parmi elles deux phénomènes particulièrement efficaces.

On sait tout d'abord que, sous l'influence des intempéries, une foule de roches subissent une altération profonde. Les unes sont désagrégées, d'autres dissoutes, certaines même décomposées. Parmi ces dernières figurent les plus difficiles à attaquer par les réactifs employés en analyse, les masses silicatées et le granit lui-même.

Dans ce cas, maintenant étudié dans tous ses détails, et dont Ebelmen a fait un examen spécial, c'est l'acide carbonique de l'air qui est l'agent essentiel de la décomposition. Grâce à l'humidité qui l'accompagne, cet acide, tout faible qu'il paraisse, mord à la longue sur ses silicates les mieux constitués, tels que les feldspathl, les pyroxènes, les amphiboles, les micas, et leur arrache leur protoxyde pour en faire des carbonates plus ou moins solubles. Ceux-ci, repris par les eaux, sont entraînés ou dissous et se transforment à l'infini, jusqu'à ce qu'ils acquièrent l'état définitif de calcaire stratifié [1].

Le résidu argileux ou kaolinique de cette sorte d'altération du feldspath permet par son volume d'évaluer l'énorme quantité d'acide carbonique soustrait à l'atmosphère par la réaction si bien étudiée par Ebelmen et qui est immobilisée dans l'épaisseur de la croûte terrestre sous une forme où les êtres organisés ne sauraient l'aller chercher.

Le second ordre de faits auxquels nous faisions allusion tout à l'heure est relatif à la fossilisation des matières végétales. Il est clair que la constitution des couches de tourbe, de lignite, de houille et d'anthracite a coûté à l'atmosphère une dépense gigantesque d'acide carbonique qui lui a été pris par les plantes, suivant le mécanisme physiologique qu'on peut observer aujourd'hui. Et il ne faut pas oublier qu'aux assises *exploitables* de combustibles minéraux doit s'ajouter, au point de vue où nous sommes placé, l'incalculable quantité de particules charbonneuses qui imprègnent les roches les plus variées, depuis les argiles et les sables ligniteux des terrains récents, jusqu'aux ampélites des couches siluriennes.

De ces deux chefs : kaolinisation des roches feldspathiques et fossilisation des matières végétales, l'atmosphère a dû fournir à une dépense immense d'acide carbonique, qui depuis lors s'est trouvé immobilisé. On peut remarquer, en effet, qu'une couche de calcaire recouvrant le globe d'une épaisseur d'environ 8^m,60 représente un poids d'acide carbonique égal à celui que renferme l'atmosphère actuelle : d'après nos données géologiques, la quantité des calcaires et des dolomies contenus dans la croûte terrestre et qui se seraient déposés depuis l'apparition de la vie organique, dépasserait probablement d'au moins deux cents fois cette épaisseur.

1. Voy. *Ann. Agron.*, un travail de M. Muller, t. IV, p. 476.

Ce résultat positif une fois acquis, on reconnaît que l'hypothèse d'où nous partions, du cercle harmonique où la respiration animale et la respiration végétale se contrebalancent, doit évidemment, tout en subsistant, subir des modifications. On peut se demander d'abord si ces fonctions physiologiques n'ont pas dans le cours des temps été constamment en s'affaiblissant, la quantité d'acide carbonique en présence de laquelle la vie se déployait allant toujours en diminuant. Mais il faut renoncer à cette supposition dès qu'on essaye de se figurer ce que deviendrait l'atmosphère remise en possession des torrents d'acide carbonique que pourraient fournir les carbonates et les charbons fossiles. Outre qu'un pareil milieu serait d'une composition chimique incompatible avec l'exercice des fonctions vitales, la pression qu'il se ferait éprouver à lui-même, à cause de son épaisseur, serait suffisante pour en convertir une très grande proportion, non seulement à l'état liquide, mais même à l'état solide.

On ne voit pas comment on pourrait attaquer l'enchaînement logique des données précédentes, et leur conséquence nécessaire est évidemment que l'acide carbonique atmosphérique n'a pas été versé dans l'air une fois pour toutes à l'origine des choses, mais qu'il dérive au contraire d'une source continue qui le fournit peu à peu.

II.

C'est en partant de ces faits qu'un géologue américain très distingué, M. Sterry Hunt, est arrivé à émettre une supposition qui montrera par son étrangeté la difficulté du problème. « Je pense, dit-il [1], que l'on doit considérer notre atmosphère comme un milieu cosmique et universel, condensé autour des centres d'attraction en raison de leurs masses et de leurs températures, et occupant tous les espaces interstellaires dans un état de raréfaction extrême. Dans cette manière de voir, les atmosphères des divers corps célestes seraient à l'état d'équilibre entre elles ; d'où il résulterait que tout changement survenant dans l'enveloppe gazeuse d'une planète quelconque, soit par la condensation de la vapeur d'eau ou de l'acide carbonique, soit par la mise en liberté d'oxygène ou de tout

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXXXVII, p. 453, 23 septembre 1878.

autre gaz, se ferait ressentir, par suite de la diffusion, dans l'atmosphère de toute autre planète. Ainsi, pendant les périodes où une grande absorption d'acide carbonique aurait eu lieu à la surface du globe, notre atmosphère aurait été sans cesse alimentée par de nouvelles portions de ce gaz provenant du milieu universel, et, par suite, des enveloppes gazeuses des autres planètes. De là, il résulterait que la proportion d'acide carbonique aurait subi, dans l'atmosphère de tous les corps célestes, des diminutions égales ; et, en même temps, que tout excédent d'oxygène dégagé à la surface de notre globe se serait également réparti sur les corps célestes. »

En définitive, comme on le voit, dans cette manière de voir, si la terre ou un autre astre vient à consommer en quantité exagérée l'un des éléments de son atmosphère, l'espace est là pour réparer ses pertes. Bien loin que la végétation houillère se soit si singulièrement développée à cause d'un excès d'acide carbonique de l'air, c'est au contraire parce qu'elle prospérait, qu'elle a déterminé l'arrivée extra-terrestre du gaz, consommé plus vite que de raison ; il reste à expliquer, dans cette étrange théorie, pourquoi une telle explosion botanique a commencé et surtout comment, une fois commencée, elle a pu faire autrement qu'augmenter sans cesse.

On peut élever contre la doctrine du savant américain des objections qui paraissent décisives[1]. Et d'abord, il faut rappeler qu'il existe des corps célestes, tels que la Lune et les astéroïdes, qui sont absolument dépourvus d'atmosphère, tandis qu'il en est d'autres, comme Vénus et surtout Mercure, dont l'énorme enveloppe gazeuse n'est pas en rapport avec leur volume.

Les études de géologie comparée ont appris que, par le fait seul de l'évolution sidérale, l'atmosphère est peu à peu absorbée par le solide de l'astre qu'elle entoure, au fur et à mesure du refroidissement spontané de celui-ci. C'est ainsi qu'après avoir eu la densité qu'on lui voit chez Mercure, puis l'épaisseur qu'elle a dans Vénus, elle acquiert les dimensions relatives dont nous profitons sur la Terre pour s'amincir ensuite comme elle a fait autour de Mars, en attendant qu'elle disparaisse absolument, ainsi que la Lune en offre l'exemple.

Il résulte de là que l'atmosphère est un des éléments essentiels de chaque astre et doit compter parmi ses roches originelles, au même titre que la mer et les assises pierreuses.

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXXXVII, p. 544, 7 octobre 1878.

Quant à l'origine de l'acide carbonique, elle est certainement tout autre. Nous avons vu qu'on doit lui attribuer une source qui ne le donne que successivement. Mais rien ne justifie la supposition que cette source soit extra-terrestre.

III.

Passant du domaine de l'imagination pure sur le terrain de l'observation, nous devons, pour résoudre le problème qui nous occupe, chercher à préciser les conditions dans lesquelles se produisent des dégagements d'acide carbonique.

Or, on reconnaît immédiatement que c'est surtout dans les contrées volcaniques que les dégagements d'acide carbonique sont très abondants : ce gaz s'échappe avec force de certaines cavités, même au voisinage de volcans qualifiés d'*éteints*, ainsi qu'on l'observe près de Royat (Puy-de-Dôme). Il s'accumule au fond des grottes, où par suite de sa densité plus forte que celle de l'air, il forme une couche où sont asphyxiés les animaux qui y pénètrent. La *grotte du Chien*, sur les bords du lac d'Agnano (champs Phlegréens) est ainsi nommée parce qu'un chien n'y peut entrer sans être asphyxié, tandis qu'un homme y pénètre impunément. Les éruptions volcaniques et les tremblements de terre sont ordinairement accompagnés d'émanations d'acide carbonique; dans les Andes, où ces émanations sont très abondantes, elles amènent fréquemment la destruction des troupeaux. C'est à ces propriétés malfaisantes que ces émanations doivent leur nom de *mofettes* (par corruption du mot *mephiticus*, méphitique).

Il est d'ailleurs très fréquent que l'acide carbonique arrive au jour, non pas gazeux, mais en dissolution dans des eaux qui bouillonnent alors et le laissent échapper.

Ces sources, comme les canaux qui laissent sortir le gaz, sont fréquemment placées sur les granits et par conséquent en dehors de toute relation avec les masses stratifiées. C'est donc des régions infra-granitiques que procède le composé carboné.

IV.

Quant aux réactions chimiques en vertu desquelles l'acide carbonique peut se dégager dans les parties profondes de la terre, elles

doivent satisfaire pour être dignes d'examen à des conditions qui permettent d'éliminer dès l'abord un très grand nombre de suppositions.

Ainsi personne aujourd'hui n'admettra la théorie émise par M. Vézian : « Le magma granitique de l'ère plutonienne, dit-il, tenait en dissolution, non seulement de l'eau, mais aussi de l'acide carbonique ; pendant les premiers temps géologiques, cet acide carbonique d'origine a alimenté les émanations formées en totalité ou en partie par ce gaz. A mesure que cette provision d'acide carbonique, mise pour ainsi dire en réserve avec d'autres substances au-dessous de la première écorce terrestre, s'est épuisée, de nouvelles sources de ce gaz se sont formées. Maintenant l'acide carbonique qui se dégage de la voûte du globe peut provenir de la combustion des matières carbonées dans les foyers volcaniques, mais probablement il résulte, en majeure partie, de la décomposition des carbonates. »

Nous allons montrer que c'est à une réaction toute différente qu'il faut s'adresser : à la dissolution de la fonte de fer par des substances appropriées.

Ceci peut paraître étrange à première vue, mais on va voir que rien n'est plus susceptible de vérification directe. Aussi allons-nous commencer par montrer que la fonte de fer peut être considérée comme une source d'acide carbonique ; pour faire voir ensuite que la fonte existe en abondance dans les espaces infra-granitiques et y subit des réactions convenables.

C'est à M. Cloëz qu'on doit la connaissance des produits qui prennent naissance quand de la fonte de fer est soumise à l'action dissolvante des acides. Ils consistent en carbures d'hydrogène qui par simple combustion se transforment en acide carbonique. Il faut à cet égard faire quelques emprunts au travail capital du savant chimiste [1].

Le traitement d'une fonte blanche, contenant 0,04 de carbone combiné et environ 0,06 de manganèse, par de l'acide chlorhydrique aqueux d'une densité égale à 1,12 donne lieu à la formation de produits hydrocarbonés gazeux et liquides homologues de l'éthylène, absorbables par le brome, et pouvant se combiner facilement aussi avec l'acide chlorhydrique ; on obtient en outre, dans ce traitement,

1. Cloëz, Comptes-rendus de l'Académie des sciences, t. LXXXV, p. 1003, et t. LXXXVI, p. 1248.

des composés forméniques insolubles dans l'acide sulfurique et inattaquables par cet acide.

Allant plus loin, M. Cloëz a reconnu que si l'on traite par l'eau de la fonte de manganèse, il se produit, outre l'hydrogène, des gouttelettes que l'on peut condenser et recueillir. On constate de plus que le gaz formé brûle avec une flamme blanche éclairante, preuve évidente de la présence dans ce gaz d'une matière hydrocarbonée volatile.

Les produits carbonés liquides, formés par l'action de l'eau pure sur le ferromanganèse, sont de même nature que ceux fournis par la fonte blanche traitée par l'eau acidulée : une faible partie reste dans le ballon avec les oxydes ; on la sépare au moyen de l'alcool. La plus grande partie se condense dans les flacons laveurs contenant de l'eau; un autre flacon laveur à moitié rempli d'alcool sert à retenir la portion la plus volatile des hydrocarbures.

Quant aux produits gazeux hydrocarbonés, formés par l'action de l'eau bouillante sur le ferromanganèse, on peut facilement constater leur existence de plusieurs manières : 1° en recueillant dans une cloche remplie de mercure le gaz débarrassé autant que possible des produits liquides ; après avoir desséché ce gaz au moyen de chlorure de calcium fondu, on le brûle dans l'eudiomètre avec une fois et demie son volume de gaz oxygène : on trouve dans le résidu un volume d'acide carbonique qui dépasse ordinairement le quart du volume du gaz combustible brûlé; 2° au lieu de brûler le gaz par l'oxygène dans l'eudiomètre, on peut le mettre en contact avec de l'acide sulfurique concentré : on voit le volume du gaz se réduire considérablement et l'acide sulfurique brunir; 3° en recueillant le gaz dans une éprouvette remplie d'eau et en introduisant ensuite un peu de brome, on observe également une diminution de volume, due à l'absorption du gaz carboné par le brome.

« En résumé, dit M. Cloëz, mes nouvelles expériences démontrent que l'eau seule, en agissant à chaud sur un alliage carboné de manganèse et de fer, cède son oxygène aux métaux pour former d'abord des protoxydes qui passent ultérieurement par l'action de l'air à un degré supérieur d'oxydation. Quant à l'hydrogène, une partie se dégage à l'état de liberté, le reste se combine avec le carbone pour produire des hydrocarbures analogues à ceux qu'on trouve dans le sol et qu'on exploite sous le nom de pétrole. »

V.

Pour que les faits intéressants qui précèdent puissent nous conduire à la solution cherchée, il faut maintenant démontrer l'existence de véritable fonte dans les régions profondes de notre globe.

On sait que depuis longtemps beaucoup d'observations ont conduit à faire pressentir que la terre renferme un noyau de substances métalliques parmi lesquelles le fer doit prédominer.

Un premier argument favorable à cette opinion est tiré de la densité de la terre, si notablement supérieure à celle que permettraient de lui assigner les roches que peuvent atteindre nos moyens d'investigation. Cette densité (5,5) serait naturelle pour un globe dont le centre serait de fer massif.

Un deuxième ordre de faits, concordant avec le précédent, est relatif au magnétisme terrestre. Chladni en expliquait les phénomènes par la supposition d'une masse centrale de fer métallique; mais, depuis lors, on a généralement renoncé à cette manière de voir pour se ranger à la belle théorie d'Ampère. Cependant, il faut bien remarquer que les raisons dont on s'est prévalu contre le physicien de Wittenberg ne sont point suffisantes. Il semblait que la haute température des régions profondes du globe fût incompatible avec la manifestation des phénomènes magnétiques. Or, par de très intéressantes expériences, M. Trève a montré comment on peut aimanter la fonte alors qu'elle est en pleine fusion; nous pensons que, relativement au magnétisme terrestre, les idées de Chladni et celles d'Ampère devront être simultanément adoptées et combinées entre elles.

Enfin une série d'arguments encore plus probants en faveur de l'existence d'un noyau métallique au centre du globe, est fournie par la découverte du fer libre dans certaines roches profondes.

Pendant longtemps on ne l'y a connu qu'à l'état de traces difficiles à constater. C'est ainsi qu'en 1852 M. Andrews publiait une méthode au moyen de laquelle il avait reconnu l'existence du fer libre dans les roches volcaniques de la Chaussée des Géants, en Irlande, et de plusieurs autres localités. Plus tard, par un procédé différent, M. Sterry Hunt a trouvé du fer libre dans certaines roches des États-

Unis. Grâce à un troisième mode opératoire, nous avons nous-même décelé le même métal dans plusieurs basaltes, dans des dolérites et dans d'autres roches volcaniques. De son côté, M. de Engelhardt assure que le platine natif est parfois accompagné de fer libre provenant évidemment de très grandes profondeurs, et l'on sait que, dans l'Oural, le platine possède souvent des propriétés magnétiques qui lui sont communiquées par les 9 ou 10 centièmes de fer auxquels il est allié.

Aujourd'hui on possède des observations beaucoup plus concluantes et que nous devons rappeler en peu de mots.

On peut voir dans la galerie de géologie du Muséum une énorme masse noire arrondie : c'est le modèle en plâtre peint d'un bloc de fer métallique du poids de 20 000 kilogr. trouvé, en 1870, par le professeur Nordenskiöld, à Ovyfak, dans l'île de Disko, sur la côte occidentale du Groënland. Elle y était en compagnie de deux autres masses pesant la moitié et le quart de son poids, et d'une douzaine de nodules beaucoup plus petits.

Frappé de l'intérêt de ces blocs métalliques gisant au milieu de basalte, M. Nordenskiöld conçut aussitôt la pensée de les acquérir à la science ; mais n'ayant pas à sa disposition des moyens d'action suffisamment énergiques, il dut retourner à Stockholm pour se les procurer.

Le Groënland étant une possession danoise, il fallut obtenir de Copenhague l'autorisation de faire enlever les blocs et assurer à son Musée le tiers de la prise. Cette formalité accomplie, la canonnière à vapeur *Ingegerd* et le brick *Gladon* furent armés spécialement pour cette expédition toute scientifique, et placés sous le commandement de M. von Otter.

Des difficultés sans nombre semblaient s'opposer à l'entreprise. Les Groënlandais, si intrépides marins, considèrent le rivage d'Ovifak comme inabordable, même en été, par suite de la houle presque perpétuelle qui y règne. En effet, la côte d'Ovyfak, sur laquelle se trouvaient les fers, présente, sur une largeur de 30 mètres environ, une grève couverte d'énormes galets derrière laquelle s'élève la paroi verticale de roches basaltiques d'une hauteur énorme, et dont le pied est recouvert par un épais talus d'éboulis. Les galets continuent en pente douce sous la mer jusqu'à une grande distance du rivage.

Grâce à l'habileté du chef de l'expédition et à une embellie ines-

pérée, les difficultés furent heureusement surmontées : les trois blocs furent capturés, et on laissa à Copenhague celui de dimension moyenne.

On s'empressa d'analyser les fers qui se présentaient d'une si étrange façon. Plusieurs chimistes suédois et, entre autres, M. Nordenskiöld, y constatèrent la présence du nickel et du cobalt, et conclurent, comme le firent plus récemment M. Wölher et d'autres, à leur origine extra-terrestre.

Or, d'après les analyses publiées par M. Daubrée, les roches à fer natif d'Ovifak appartiennent au moins à trois types dont on peut voir les échantillons au Jardin des plantes. Le premier consiste en une roche noirâtre rappelant, pour l'aspect, certaines fontes graphitiques, et prenant très bien le poli ; sa cassure est lamelleuse sans que les faces du clivage permettent de reconnaître une disposition régulière et un système cristallin. Le deuxième type offre aussi une couleur et un éclat qui rappellent le fer ordinaire, mais la roche soumise à la pulvérisation se sépare en deux portions très distinctes, dont l'une se réduit en poussière fine, tandis que l'autre résiste et s'étire en minces lamelles. Enfin, dans le troisième type, la substance métallique, au lieu d'être continue, n'apparaît qu'en globules et en grains dans une pâte lithoïde. Cette dernière, d'un vert très foncé et de nature silicatée, forme la plus grande partie de la roche.

Ces diverses masses se distinguent également par leur aspect et par leur composition des types jusqu'ici connus de météorites. A ce dernier point de vue, le caractère le plus saillant consiste en ce que les fers d'Ovifak contiennent une forte proportion de carbone combiné, circonstance qui ne se présente pas chez les fers météoriques.

D'un autre côté on ne peut se refuser de reconnaître que ces masses offrent beaucoup de ressemblance avec plusieurs roches terrestres déjà connues. Leur état cristallin et la présence du fer oxydé porteraient à les rapprocher des basaltes et des dolérites. Même l'existence du fer natif, qui tout d'abord semble une différence profonde, peut, au contraire, d'après ce qui a été dit tout à l'heure, être invoquée comme un lien de parenté.

Ceci posé, on vient de voir que la plage d'Ovyfak est fermée par une haute falaise de roches basaltiques. Celles-ci renferment simplement du fer métallique en quantité extraordinaire, et qui s'y présente sous la forme de grains arrondis de toutes grosseurs avec la même composition chimique que les gros blocs. De plus, on a

noté que des fragments de la même roche basaltique étaient encore adhérents, comme des débris de croûte, aux grosses masses de fer isolées et même empâtées dans leur intérieur, comme on le voit dans un échantillon conservé à Stockholm.

Pour expliquer ce gisement si singulier dans l'hypothèse d'une origine cosmique, on a été conduit à supposer que la chute des météorites avait eu lieu précisément à l'époque où le basalte faisait éruption à l'état pâteux. On conviendra que cette coïncidence, sans être impossible, serait bien étrange, et l'on peut ajouter qu'une nouvelle étude des localités, faite surtout par M. Steenstrup, de Copenhague, en a démontré l'impossibilité. La forme même des grenailles s'y refuse tout à fait : beaucoup sont lenticulaires, et l'on en cite une qui, sous une épaisseur de quelques centimètres, a plusieurs mètres de longueur. Rien, parmi les pierres tombées du ciel, ne rappelle cette disposition, analogue au contraire à celle des minerais empâtés dans les roches éruptives. C'est surtout l'examen des basaltes pêtris de grenailles, dont on doit la découverte, dans le détroit de Waigatz, à M. Steenstrup, qui permet d'affirmer que le métal est réellement d'origine terrestre.

L'écorce terrestre contient donc de la véritable fonte native, et c'est ce que nous voulions démontrer.

Toutefois, pour le but que nous avons en vue, il reste encore à préciser la région du globe où s'est constitué ce métal carburé. M. Lawrence Smith émet l'avis qu'il n'a point été apporté des profondeurs, ce qui serait tout à fait défavorable au fait que nous voulons établir.

Voici sur quoi se fonde le géologue américain :

Si l'on fait fondre du basalte dans un creuset brasqué de charbon, on en réduit le fer à l'état de liberté, et les grenailles métalliques ainsi isolées se trouvent avoir une composition analogue à celle des fers groënlandais.

Partant de là, M. Smith fait remarquer très justement que le basalte fondu, injecté au travers de lits de lignites semblables à ceux qui alternent au Groënland avec la roche éruptive, se trouve dans les mêmes conditions que s'il était fondu dans un creuset brasqué.

« Pour résumer, dit-il, la conclusion à laquelle je suis arrivé relativement à l'origine du fer natif d'Ovyfak, je dirai que ce fer ne provient pas des grandes profondeurs qui sont les sources du basalte lui-même ; que cette roche a pénétré, à l'état fondu, les lits

chargés de matières organiques, où le charbon a réagi sur elle et a séparé le fer des silicates ferrugineux. »

Montrons que l'étude directe des caractères physiques offerts par les roches métalliques d'Ovyfak et de Waigatz ne permet pas d'accepter cette manière de voir.

L'étude directe des grenailles métalliques des basaltes groënlandais montre qu'elles doivent leur origine aux mêmes actions qui ont produit les grains métalliques, des météorites dites sporadosidères.

Or, la forme de ces grenailles permet d'affirmer, contrairement aux suppositions précédentes, qu'elles n'ont pas passé par l'état de fusion. En fondant un mélange de substances pierreuses et de substances métalliques, on obtient bien des grenailles disséminées dans une gangue pierreuse ; mais ces grenailles se présentent sous la forme de sphérules comparables à du plomb de chasse, et d'autant plus régulières que leur volume est plus petit. C'est ce que montrent nettement les produits de fusion des météorites dont M. Daubrée a enrichi la collection du Muséum.

Loin d'être sphériques, les grains métalliques des sporadosidères sont au contraire essentiellement anguleux et ramuleux ; dans beaucoup de cas ils forment des enveloppes plus ou moins continues autour des éléments pierreux de la roche cosmique.

Il suffit pour s'en convaincre de jeter un coup d'œil sur des spécimens polis appartenant d'ailleurs aux types lithologiques les plus variés : aumalite, chantonnite, aiglite, lucéite, parnallite, mesminite, ménite, tadjérite.

Ainsi, dans les échantillons de la chute Knyahinya (Hongrie, 9 juin 1866), qui appartient au type aiglite, on trouve en abondance des grenailles anguleuses et ramifiées qui, manifestement, comblent des vides laissés entre les fragments pierreux de cette roche grésiforme et contribuent à les cimenter entre eux. Le nombre est considérable des nodules lithoïdes plus ou moins entourés d'une ceinture métallique, et l'on remarque, comme dans bien d'autres cas, que les mouches de sulfure (pyrrhotine) ont les mêmes allures que les grains de fer.

D'ailleurs, on ne voit jamais de grenailles dans l'intérieur des éléments pierreux, à moins qu'ils ne soient fissurés.

Dans un échantillon de la chute de Beuste (Basses-Pyrénées, 1859, chantonnite) et dans un échantillon de Claywater (Wisconsin, 26 mars 1865, ménite), on voit des grenailles filamenteuses sen-

siblement rectilignes de plus de 2 centimètres de longueur. Cangas de Onis (Espagne, 6 décembre 1866, mesminite) en a une en forme de larme qu'on peut rapprocher des précédentes.

Enfin, dans une foule de pierres, les globules silicatés sont enveloppés d'une couche mince de métal dont la section est pour ainsi dire capillaire. C'est ce que montrent entre autres : Harisson County (Kentucky, 1859) et Aldsworth (Angleterre, 4 août 1835 toutes deux du type aiglite), Mézo-Madaras (Autriche, 4 septembre 1852, parnallite), etc.

Les coupes transparentes préparées pour le microscope permettent d'apprécier nettement les relations mutuelles de la pierre et du métal et confirment, en les précisant, les remarques précédentes.

Il ne faut d'ailleurs pas oublier que les sporadosidères et spécialement les polysidères peuvent contenir des fragments de fer nickelé tout différents des grenailles qui nous occupent et qui y ont été amenés comme les fragments pierreux eux-mêmes. Comme ceux-ci, ces débris métalliques sont souvent enveloppés par les grenailles. C'est un fait sur lequel nous avons insisté il y a plusieurs années, à propos de la structure et du mode de formation de la logronite.

En résumé, la disposition des grenailles est telle dans les sporadosidères, qu'il est clair qu'elles sont de formation postérieure à celle de la gangue pierreuse qui les contient.

Nous sommes donc ici en présence des mêmes conditions que lorsqu'il s'agissait, dans un travail précédemment publié, des syssidères concrétionnées [1], et c'est pourquoi nous avons recherché si les résultats relatifs à celles-ci ne pourraient pas s'étendre également aux sporadosidères.

Or, l'expérience confirme cette prévision. Que l'on place dans un tube de porcelaine des petits fragments de péridot bien tassés et qu'on détermine dans leur voisinage la réduction par l'hydrogène d'un mélange de protochlorure de fer et de chlorure de nickel, on reconnaîtra après refroidissement, en polissant une surface plane au travers de la brèche cimentée par le métal, que l'alliage s'y est insinué en grenailles, impossibles à distinguer des grenailles métalliques des météorites. Un échantillon que nous avons mis sous les yeux de l'Académie des sciences en même temps qu'un fragment poli d'une météorite montre que l'identité est absolue.

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXXXVII, p. 855, 2 décembre 1878.

Toutefois, avant d'appliquer ce résultat à l'histoire de toutes les sporadosidères, il faut lever une difficulté très considérable, au moins en apparence.

Nous avons fait voir en effet que si un fragment d'aumalite ou de lucéite, ou d'aiglite, etc., est porté, même pendant peu de temps, à la température rouge, il subit une transformation métamorphique, devient noir et prend tous les caractères de la tadjérite. Il en résulte que, soumise à l'expérience qui permet d'imiter les syssidères concrétionnées, toute météorite grise se transformera, et par conséquent ce n'est pas ainsi que l'aumalite, la lucéite, etc., se sont chargées des grenailles métalliques qui les remplissent.

Il fallait donc voir si l'on pourrait baisser la température de l'expérience sans cesser de déterminer la réduction des métaux. Or, nous avons constaté, par des essais faits successivement à des degrés thermométriques de moins en moins élevés, que, bien avant le rouge, la réduction est très abondante. Le tube de porcelaine étant placé dans un bain de sable, on a obtenu du fer métallique, en même temps qu'un petit fragment de lucéite, pris comme témoin, se maintenait avec sa couleur blanche primitive. A 500 degrés l'expérience marche très nettement, et il ne faudrait évidemment que du temps pour obtenir un résultat complet. A 300 degrés et même au-dessous, le protochlorure de fer traité par l'hydrogène dans un bain d'huile dégage beaucoup d'acide chlorhydrique. Le résidu abandonne ensuite à l'aimant des grains magnétiques, mais nous ne sommes pas absolument sûr que le métal soit libre. En tous cas, il serait enveloppé de ces sous-chlorures mal définis dont la formation précède l'isolement du fer et qui en masqueraient les propriétés caractéristiques. Nous n'avons pas poussé plus loin jusqu'ici l'étude de ce résultat, parce qu'il n'est pas nécessaire de supposer une température aussi basse dans les points du milieu météoritique où les sporadosidères se sont constituées.

Ces faits, qui éclairent, comme on le voit, de nouveaux détails la géologie des météorites, nous paraissent aussi de nature à élucider l'importante question de l'origine des roches à fer natif du Groënland, et c'est pour cela que nous les avons rapportés ici. Les grenailles métalliques qu'elles contiennent ont, en effet, rigoureusement les caractères de forme et de situation relative des grenailles météoritiques. Ici encore, l'observateur est en présence de particules de fer anguleuses et ramifiées, évidemment non fondues. Même

lorsque de loin on croit apercevoir, dans la dolérite, des grenailles bien rondes, si on les examine à la loupe, on reconnaît qu'elles sont constituées par des éléments anguleux, associés à des minéraux silicatés, disposition incompatible avec l'hypothèse d'une fusion.

Il est évidenf que cette remarque interdit de voir, avec M. Smith, dans les masses groënlandaises, le produit de la réduction du basalte par les lignites tertiaires au travers desquels elles ont fait éruption. Et j'ajouterai qu'on arrive à la même conclusion quand on compare la portion silicatée de ces roches métallifères, soit aux dolérites ordinaires, qu'elles reproduisent exactement, soit au résidu de la réduction du basalte par le charbon, dont elles diffèrent à tous égards.

Dans tout ce qui précède nous avons reconnu la ressemblance intime que les grains métalliques des basaltes sporadosidères du Groënland présentent avec les grenailles des météorites. Cette ressemblance réside dans les caractères de forme et de situation par rapport aux éléments lithoïdes de la roche, et elle suffit à montrer que c'est à la voie de concrétion, et non pas à la voie de fusion, que les grains en question doivent leur origine.

Mais cette analogie intime ne doit pas faire oublier une différence profonde au point de vue chimique. Nous avons déjà dit que le métal terrestre nickélifère comme le métal cosmique, se distingue de lui, ainsi que M. Lawrence Smith et d'autres chimistes l'ont montré, par la forte proportion de carbone qu'il renferme à l'état de combinaison, de telle sorte qu'on peut le considérer comme une véritable fonte naturelle.

Ce fait intéressant avait depuis longtemps été signalé par M. Shepard à propos du fer de Niakornak, qui, d'abord classé avec les météorites, appartient évidemment à notre globe.

De pareilles particularités de constitution tiennent nécessairement aux conditions mêmes dans lesquelles la concrétion métallique s'est opérée, et nous avons cherché à produire artificiellement un métal qui, pour la composition, aussi bien que pour la forme extérieure et la texture interne, fût semblable à la fonte native d'Ovifak et de Waïgatz.

Nous avons été dirigé dans la disposition des expériences par les considérations déjà développées à propos de la synthèse des fers météoriques, et spécialement par cette remarque que, si le fer groënlandais est aussi riche au moins en chlorure que les holosidères,

cependant la chaleur rouge n'en chasse pas d'hydrogène, comme elle en extrait de celles-ci, mais un mélange d'acide carbonique et d'oxyde de carbone où ce dernier gaz prédomine beaucoup. C'est donc à l'oxyde de carbone qu'il fallait avoir recours pour réduire le mélange de protochlorure de fer et de chlorure de nickel placé dans un tube de porcelaine où des fragments de roche avaient été préalablement disposés.

Par ce mode opératoire, un métal a été produit, et il a été facile d'y reconnaître la présence d'une grande quantité de charbon combiné; c'est donc un fer carburé ou une fonte. Celle-ci, riche en nickel, s'est présentée sous les formes obtenues pour les alliages déjà étudiés, c'est-à-dire : en filaments placés entre les fragments rocheux et les agglutinant entre eux ; en grenailles dans les interstices des pierres ; en végétations ramuleuses ; en enduits continus sur tous les corps placés dans le tube et sur la paroi interne de celui-ci ; enfin en petits boutons grossièrement sphéroïdaux dont l'examen paraît spécialement intéressant. En effet, outre que, par la forme générale, ces boutons rappellent, à une échelle presque microscopique, les gros blocs recueillis à Disko par M. Nordenskiöld, on y reconnaît une structure vermiculée due à l'alternance des particules métalliques et des particules charbonneuses, structure qui, rigoureusement semblable à celle de la grande plaque polie de fer d'Ovyfak que l'on peut voir dans la grande galerie de géologie du Muséum, n'a jamais été signalée dans les holosidères.

La conclusion de ces divers faits est évidente.

Suivant nous, les roches à fer natif représentent des échantillons de couches très profondes de notre globe, du noyau métallique interne dont il était question plus haut.

Quant au mécanisme de leur sortie, on peut le comprendre très simplement si l'on se rappelle qu'elles ne forment, en définitive, que des blocs plus ou moins volumineux, mais limités, empâtés dans du basalte absolument ordinaire, disposition qui avait conduit d'abord M. Nordenskiöld à y voir une « eukrite » tombée du ciel dans la roche plutonique fondue. Il suffit donc d'admettre que ce basalte, sortant des profondeurs comme il a fait partout, a pu exceptionnellement arracher des fragments d'une assise à fer natif et les charrier, sans les fondre, jusqu'aux régions superficielles. C'est exactement la reproduction de ce qui a eu lieu si souvent pour le péridot et la dunite, amenés au jour par les basaltes qui ne les ont pas fondus.

Si l'on admet cette opinion, on voit que l'étude des météorites, en nous révélant le procédé par lequel les grenailles métalliques se sont concrétionnées dans les roches d'Ovyfak, contribue d'une manière des plus efficaces à la connaissance de notre propre globe. C'est un exemple de plus des secours mutuels que se prêtent les différents chapitres de la géologie comparée.

VI.

Étant démontré maintenant que les profondeurs de notre globe renferment de la véritable fonte, il faut remarquer que la réaction étudiée par M. Cloëz, et dont les produits sont d'abord des carbures d'hydrogène, puis de l'acide carbonique, peut s'y développer. Ce qu'il faut pour cela, c'est que des liquides de composition convenable parviennent au contact de la fonte.

Or, nous n'avons pas besoin de rappeler les expériences si intéressantes par lesquelles M. Daubrée a démontré la possibilité d'infiltrations d'eau jusqu'aux régions très profondes où prennent naissance les phénomènes volcaniques, malgré les énormes contrepressions de vapeur qu'elles ont à surmonter. C'est à la capillarité des roches qu'est dû ce phénomène d'apparence contradictoire.

Maintenant, quant à la composition du liquide d'infiltration, il est évident que nous n'avons pas les éléments nécessaires pour la déterminer même d'une manière approximative. Mais il est bien probable, d'après les indices observés par M. Cloëz, qu'à la température des régions infragranitiques, l'eau pure possède une énergie chimique assez considérable pour déterminer la réaction qui nous occupe.

VII.

Quoi qu'il en soit, nous reconnaissons à n'en pas douter que le globe contient dans ses propres profondeurs tout ce qu'il faut pour expliquer l'origine de l'acide carbonique atmosphérique. On conçoit d'ailleurs bien aisément que le phénomène ait pu, à certaines époques de l'histoire de la terre, offrir des recrudescences et des affaissements qui sont représentés aujourd'hui par des développements plus ou moins considérables et des atténuations de la végétation fossile.

STATION AGRONOMIQUE DU NORD

ÉTUDES SUR LA CULTURE DE LA BETTERAVE A SUCRE

PAR

M. A. LADUREAU

Directeur de la Station agronomique du Nord.

Voici sur quels points ont porté nos études de cette année relatives à la betterave à sucre, études que nous avons faites sur les terres de la ferme expérimentale de Bavay, avec le gracieux concours de son propriétaire, M. A. Derôme, lauréat de la Société industrielle du Nord.

1° Emploi de doses progressives d'un engrais complet spécial pour betteraves, sur deux variétés différentes.

2° Emploi de vingt-cinq fumures différentes.

3° Emploi de graines en voie de germination dites graines préparées, comparé à celui des mêmes graines prises à l'état normal.

4° Étude comparée de la culture en billons et de la culture à plat.

Nous allons décrire successivement chacune de ces expériences et donner en même temps leurs résultats.

1° Emploi de doses progressives d'un engrais complet spécial. pour betteraves.

La première des études dont nous allons nous occuper a été faite sur un engrais dons nous avons reconnu l'efficacité au cours de recherches précédentes sur divers genres de fumures. Cet engrais contenait l'azote sous ses trois formes, de l'acide phosphorique assimilable et de la potasse. Il a été préparé par les soins de M. Derôme et revient au prix de 30 francs les 100 kilogrammes. Voici sa richesse en éléments fertilisants, d'après les analyses que nous en avons faites :

Azote organique	2.60
— ammoniacal	3.00
— nitrique	2.25
Total	7.85 p. 100

Acide phosphorique assimilable : 7 p. 100.

Potasse (KO) à l'état de sels : 5 p. 100.

Cet engrais a été appliqué aux doses de 350 kilogrammes, 700, 1 050, 1 400 et 1 750 kilogrammes par hectare. Une parcelle de quelques ares sans engrais fut laissée dans chaque champ d'expériences pour servir de terme de comparaison. Les variétés de betteraves sur lesquelles porta l'étude en question étaient :

1° Une variété de betteraves connue sous le nom de betteraves de Pologne collet rose ;

2° La variété de Silésie blanche acclimatée.

Cette deuxième variété nous était connue comme donnant généralement des rendements en sucre beaucoup plus élevés que la première, et nous voulions reconnaître quelle influence exerçait sur elle l'engrais employé en faible quantité ou à haute dose ; car chacun sait que si l'on ne peut employer des quantités un peu fortes d'engrais sur des betteraves de médiocre qualité, parce que dans ce cas on n'obtient qu'une faible teneur en sucre, il n'en est pas de même des betteraves de race supérieure, sur lesquelles l'excès d'engrais se fait sentir d'une manière moins préjudiciable pour le fabricant de sucre, parce que ces racines, riches en principes sucrés, n'ont ordinairement qu'un rendement en poids assez faible à l'hectare. Une quantité d'engrais un peu forte augmente beaucoup ce rendement, mais leur richesse, tout en étant par le fait affaiblie dans une certaine proportion, n'en demeure pas moins satisfaisante, ainsi que nous en acquerrons encore la preuve tout à l'heure.

Le champ dont nous nous occupons fut planté le 30 avril et récolté le 1er octobre. Il a donc eu cinq mois complets de végétation. La terre était de bonne qualité, c'est ce qu'on nomme une forte terre argileuse, terre à blé. Désirant nous rendre compte de la différence que les phénomènes atmosphériques pouvaient produire dans la richesse des racines à un mois d'intervalle, depuis l'époque où l'on commence à les considérer généralement comme suffisamment mûres, et où par conséquent on entreprend de les arracher du sol, c'est-à-dire dans les premiers jours de septembre, jusqu'au moment où nous croyons cette maturité complètement acquise, soit vers le 1er octobre, nous avons fait l'analyse des betteraves de chacun des carrés d'expériences de ce champ à trois reprises différentes : 1° le 1er septembre, 2° le 15 du même mois, et 3° enfin le 1er octobre. On verra à l'examen du tableau ci-après que toutes ces

betteraves ont généralement perdu, durant ce mois de septembre, *plus d'un pour cent de sucre* ; mais, en revanche, leur poids brut à l'hectare s'est augmenté d'environ 2 à 7 000 kilogrammes par hectare, de sorte que, s'il y a avantage pour le cultivateur à attendre le plus longtemps possible avant d'arracher ses betteraves, il y a, par contre, avantage pour le fabricant de sucre à les faire déplanter dès les premiers jours de septembre quand elles sont mûres à cette époque, ce qui est, croyons-nous, le cas général dans ce pays. Nous ne donnerons pas, pour ne pas compliquer le tableau qui va suivre, le poids de chacun des carrés d'expériences aux différentes époques où les échantillons (de vingt betteraves chacun) ont été prélevés. Nous nous contenterons de donner le poids total à l'hectare pris au 1er octobre, époque à laquelle tout le champ fut enlevé.

L'engrais fut répandu de deux manières, quelque temps avant les semailles : 1° à la charrue dans le sillon ; 2° à la surface sur les raies de charrue. Bien que les différences qui résultent de ces deux modes d'enfouissement ne soient pas très tranchées, au point de vue de la composition et de la richesse saccharine, elles offrent néanmoins un assez grand intérêt, si l'on ne considère que le rendement en poids à l'hectare ; en effet, dans les seize expériences qui ont été faites dans le but d'élucider ce point, le poids à l'hectare a toujours été plus élevé avec l'engrais enfoui à la charrue dans le fond du sillon, qu'avec la même dose d'éléments fertilisants répartie dans la couche supérieure du labour. Cette différence en faveur de l'enfouissement des engrais à la charrue se chiffre par des excédents en poids de 3 000 à 10 000 kilogrammes par hectare, fait extrêmement intéressant à signaler, et sur lequel M. Derôme ne cesse d'appeler l'attention des cultivateurs depuis dix ans, rendant ainsi à l'agriculture un très grand service. Les betteraves furent laissées à 0m,20 l'une de l'autre dans les lignes, distantes d'environ 0m,45. Il devait donc s'en trouver environ 1 000 par are. On n'en retrouva néanmoins à l'arrachage que des quantités variant entre 740 et 876, par suite des vers, insectes et causes diverses qui détruisent toujours, même dans les terres les meilleures, un certain nombre de racines.

Voici le tableau des résultats obtenus sur ce champ, ainsi que nos analyses comparatives à différentes époques.

Dans le tableau ci-contre, la valeur de la récolte a été établie en partant du prix uniforme de 20 francs les 1 000 kilogrammes, prix

pratiqué le plus généralement dans toute la région du Nord pour de bonnes betteraves comme celles-ci. Néanmoins les betteraves de la deuxième variété : Silésie blanche, ont une richesse supérieure de 1 à 2 p. 100 de sucre à celles de la première espèce, et valent par conséquent de 2 à 5 francs de plus par 1 000 kilogrammes.

TABLEAU I. — EMPLOI DE DOSES PROGRESSIVES D'UN ENGRAIS CHIMIQUE COMPLET

	NUMÉROS D'ORDRE	POIDS D'ENGRAIS à l'hectare.	COUT DE LA FUMURE	RENDEMENTS à l'hectare.	VALEUR de la récolte.	DENSITÉ le 1er septembre.	SUCRE p. 100.	DENSITÉ le 15 septembre.	DENSITÉ le 1er octobre.	SUCRE p. 100.	SELS p. 100.	COEFFICIENT SALIN.	SUCRE PRODUIT par hectare.
VARIÉTÉ DITE DE POLOGNE ROSE.													
		k.	fr.	k.	fr.								k.
Engrais enfoui à la charrue.	1	Rien	»	36.800	736	6°3	12.58	5°8	5°4	10.69	0.673	16	3.940
	2	350	105	44.300	886	5.3	10.79	5.2	5.	9.69	0.720	13	4.300
	3	700	210	48.700	794	5.5	11.68	5.1	5.1	10.30	0.648	15	5.000
	4	1050	315	55.700	1114	5.1	10.51	5.2	5.2	10.10	0.747	13	5.600
	5	1400	420	60.000	1200	4.9	10.15	5.1	5.2	10.28	0.720	14	6.100
	6	1750	525	65.000	1300	4.8	10.59	5.	5.2	10.43	0.765	13	6.800
Engrais sur le labour.	7	350	105	39.800	796	6.1	12.36	5.7	5.2	10.26	0.792	12	4.100
	8	700	210	45.000	900	6.1	12.24	5.8	5.3	10.72	0.664	16	4.800
	9	1050	315	51.300	1026	5.9	12.08	5.5	5.2	10.29	0.726	14	5.300
	10	1750	525	62.500	1250	5.6	11.21	5.3	5.2	10.41	0.764	13	6.500
VARIÉTÉ DE SILÉSIE, BLANCHE ACCLIMATÉE.													
Engrais enfoui à la charrue.	1	Rien	»	25.300	506	6°1	12.63	6°	6°	12.11	0.763	15	3.000
	2	350	105	35.200	704	6.5	13.78	6.1	5.9	11.95	0.765	15	4.200
	3	700	210	40.400	808	6.7	14.03	5.9	5.6	11.69	0.756	14	4.800
	4	1050	315	44.200	884	6.5	13.74	6.1	5.8	11.31	0.760	15	5.400
	5	1400	420	46.300	926	6.5	13.57	6.0	6.	11.98	0.900	13	5.500
	6	1750	525	47.700	954	6.4	13.30	6.2	6.2	12.37	0.750	16	5.900
Engrais sur le labour.	7	350	105	30.100	602	6.8	14.42	6.5	6.1	12.35	0.720	17	3.700
	8	700	210	33.600	672	6.7	14.39	6.3	6.	12.73	0.666	19	4.100
	9	1050	315	34.600	692	6.9	14.95	6.6	6.1	12.92	0.810	15	4.500
	10	1750	525	43.400	868	6.	12.79	6.	5.9	13.08	0.675	19	5.600

Voici ce qui ressort de la comparaison des chiffres de ce tableau :

1° Les rendements en poids à l'hectare augmentent proportionnellement à la quantité d'engrais employé.

2° Ils sont plus élevés quand on a enfoui l'engrais à la charrue que quand on l'a réparti dans la couche supérieure du sol.

3° En ajoutant au sol une quantité d'engrais valant 105 francs,

on augmente le produit de la récolte, mais le bénéfice n'est pas en raison du poids d'engrais employé.

4° Plus la quantité d'engrais est considérable, plus la densité du jus de la betterave et sa richesse saccharine sont faibles. Ce fait est surtout remarquable sur les racines essayées au 1er septembre, car durant le mois de végétation qui leur fut laissé entre cette époque et celle de leur déplantation, les différences disparurent à peu près, ou du moins devinrent beaucoup moins sensibles.

5° Nonobstant ce qui vient d'être dit, les rendements en sucre par hectare s'élèvent progressivement en même temps que la dose d'engrais employé.

6° A dose égale d'engrais, la betterave de Pologne rose a donné, au point de vue du rendement total en poids brut et en sucre par hectare, des résultats supérieurs à ceux de la betterave de Silésie blanche, bien que la richesse saccharine de cette dernière ait été toujours plus élevée. Cette différence tient à la grande supériorité des rendements en poids à l'hectare de la première variété.

7° Dans chacune des deux variétés, les expériences ci-dessus ont produit des résultats presque identiques, ce qui ne doit laisser aucune incertitude sur la manière dont elles ont été conduites d'une part, sur le rôle et l'efficacité des bons engrais chimiques employés à la culture de la betterave d'autre part, et enfin sur la nécessité qui s'impose aux cultivateurs d'y recourir dans une large mesure, s'ils veulent s'assurer des récoltes rémunératrices et ne pas fatiguer leurs sols. On peut remarquer dans le tableau ci-contre que, en ce qui concerne la 1re variété de betteraves, celle de Pologne à collet rose, l'emploi d'une quantité d'engrais équivalant à 105 fr. a produit un excédent de récolte de 7 500 kilog., ce qui, à 20 fr. les 1 000 kilog., fait 150 fr. Il n'y a donc là qu'un bénéfice de 45 fr. en faveur de l'engrais employé. Mais il faut tenir compte des quantités d'engrais non utilisées dans cette première année, qui restent par conséquent dans le sol à la disposition des cultures suivantes, et dont nous verrons l'effet sur le blé à la prochaine campagne. Nous nous proposons de publier le résultat de ces observations, afin de mettre plus nettement encore en lumière le rôle et l'influence des bons engrais complets. Ajoutons à ces remarques que la répartition de l'engrais dans la couche supérieure du sol, ou son dépôt dans toute l'épaisseur de la couche labourée, offrent dans la forme et l'aspect des betteraves des différences très grandes et très intéres-

santes à signaler, en ce moment surtout où, par suite de l'immigration des travailleurs des campagnes vers les villes, l'agriculture manque de bras et où l'on remplace autant que possible l'homme par la machine.

Les betteraves poussées sur engrais enfoui à la charrue présentaient une forme bien pivotante, peu ou point de racines latérales, et l'aspect d'un cône régulier et allongé. 35 p. 100 de ces betteraves seulement portaient des racines latérales ou avaient quelques irrégularités.

Dans les betteraves ayant poussé sur engrais réparti dans la couche supérieure du labour, au contraire, la proportion de betteraves racineuses, fourchues, irrégulières, ayant la forme d'une toupie ou d'un navet, est de 60 à 80 p. 100.

Or, si l'on emploie pour la déplantation de ces racines une machine agricole connue sous le nom d'arracheuse, machine que nous avons vu fonctionner admirablement et dont l'usage ne peut que se répandre rapidement, par suite des motifs exposés ci-dessus, il est certain que beaucoup de ces betteraves irrégulières, fourchues, seront plus ou moins blessées par les dents de l'appareil, que par suite leur conservation se fera mal, tandis que cet inconvénient n'existera pas pour les racines régulières et de grosseur à peu près égale. Ajoutons de plus que les racines fourchues retiennent souvent 10 à 15 p. 100 de terre qu'on transporte inutilement à la fabrique, et qui augmentent les frais de main-d'œuvre et de nettoyage. Il y a donc encore là un point intéressant et qui milite en faveur de l'enfouissement des engrais à la charrue.

Dans une note qu'il a adressée il y a quelques années à l'Académie des sciences, notre savant collègue M. Corenwinder avait montré que les betteraves envoyaient un grand nombre de racines latérales vers les morceaux d'engrais, de matières fertilisantes qui se trouvaient à peu de distance d'elles dans l'intérieur du sol. C'est exactement ce qui se passe ici et ce qui nous engage à recommander aux cultivateurs une pratique qui oblige la betterave à pivoter régulièrement et à s'enfoncer profondément dans le sol pour y trouver sa nourriture, au lieu de la lui présenter latéralement, ce qui empêche son développement en longueur et nuit à sa qualité ; car les betteraves longues, régulières de forme, bien pivotantes et sortant peu de terre sont généralement, comme chacun le sait, plus riches en sucre que les betteraves ramassées sur elles-mêmes, racineuses ou bouteuses.

Avant d'abandonner cette étude pour passer à la suivante, nous devons ajouter une observation que nous avons faite sur les deux variétés de betteraves expérimentées : nous avons, au moment de l'arrachage, séparé les feuilles des racines et avons pesé chaque lot séparément. Nous avons reconnu ainsi que la betterave rose de Pologne, qui est la moins riche en sucre, avait un poids de feuilles représentant 35 p. 100 du poids des racines, tandis que la variété de Silésie, blanche, en donnait environ 55 à 60 p. 100. Ce fait confirme la théorie émise par MM. Corenwinder et Contamine dans leur *Mémoire sur l'influence des feuilles sur la production du sucre dans les betteraves*, à savoir, que le sucre s'élabore dans les feuilles avant de passer dans les racines, et que par conséquent plus le développement foliacé d'une variété de betteraves est considérable, plus aussi sa richesse saccharine doit être élevée.

2° Étude de vingt-cinq genres de fumures.

Cette étude a été faite dans un champ d'assez médiocre qualité, terre froide humide, argileuse, ayant besoin de chaux. On a semé le 1er juin et récolté le 5 octobre. Les engrais ont été répandus le 25 avril. On a fait, comme pour le champ précédent, deux prises d'échantillons, la première le 1er septembre, la seconde le 1er octobre. Ces échantillons ont été pesés et analysés. Les différences qu'ils présentaient à ces deux époques, au point de vue du rendement en poids, étaient à l'avantage des betteraves récoltées le 1er octobre; cet avantage fut plus ou moins marqué selon la nature des engrais et leur degré d'assimilabilité. Ainsi les betteraves cultivées avec le sulfate d'ammoniaque, le nitrate de soude et autres engrais solubles, n'augmentèrent presque pas de poids durant cette période du mois de septembre, tandis que celles qui avaient reçu du fumier, des matières animales et autres substances organiques à décomposition lente, augmentèrent d'une manière très sensible.

Quant aux variations que présentèrent la densité des jus et la richesse saccharine des betteraves analysées à ces deux époques, il n'y a, à ce point de vue, que des différences extrêmement faibles, tantôt en plus, tantôt en moins, qui ne permettent guère d'en tirer aucune conclusion. Néanmoins, dans la majeure partie des cas, cette différence fut au désavantage des betteraves récoltées en octobre,

ainsi que nous l'avons remarqué déjà dans notre précédente étude.

Tous les engrais expérimentés ont été enfouis à la charrue, sauf ceux des carrés 10, 11, 12, 20, 21, 22, 23, engrais chimiques et sulfate d'ammoniaque qui ont été mis à la surface; la chaux employée en même temps que certains de ces engrais avait été déposée à la charrue dans le fond du sillon, afin d'éviter son contact avec les engrais chimiques, qui auraient pu se trouver partiellement décomposés et dont l'effet aurait ainsi été annihilé. Nous donnerons dans le tableau ci-après la quantité d'éléments fertilisants que nous avons introduite dans le sol par l'emploi de ces diverses fumures, d'après nos analyses nombreuses. Nous avons, dans chaque carré, compté avec soin, au moment de la déplantation, le nombre de racines qui s'y trouvaient encore et avons reconnu que, de même que dans le champ précédent, ce nombre oscillait entre 700 et 850, le reste ayant été détruit par les causes énumérées ci-dessus. Enfin nous avons fait un triage des betteraves d'après leur conformation physique, et avons remarqué que la proportion de betteraves irrégulières, fourchues, racineuses, ayant la forme de navets, était beaucoup plus élevée dans tous les carrés où nous avions déposé du fumier et autres engrais à décomposition lente, tels que coutures de drap, chiffons de laine, vieux sacs de laine, que dans les parcelles où l'on avait employé des engrais exclusivement chimiques, enfouis à la charrue ou même déposés dans la couche supérieure du sol; cette proportion variait entre 10 et 45 p. 100. Nous nous abstiendrons de donner les chiffres se rapportant à chaque expérience, bien que nous les ayons notés, par la raison que nous avons déjà donnée plus haut: la crainte d'effrayer nos lecteurs par la présentation d'un nombre considérable de chiffres dont certains n'ont pas tout l'intérêt nécessaire pour qu'on doive appeler sur eux l'attention. Quand nous disons dans le tableau ci-après: engrais chimique, nous entendons parler de celui qui nous a occupés dans la précédente étude, dont nous avons donné la composition chimique et le prix de vente.

Nous donnons également, à titre de renseignements pour les cultivateurs, le coût de chaque fumure par hectare. Il faut, si l'on veut se rendre compte du prix total de culture d'un hectare de betteraves par chacun des genres d'engrais employés, y ajouter une somme de 450 francs, nécessaire à payer, dans le Nord du moins, les frais divers, main-d'œuvre, achat de graines, fermages, etc., qu'en-

traîne nécessairement cette culture, le fermage entrant pour 150 francs dans cette évaluation, qui nous paraît établie par M. Derôme sur des bases rigoureusement exactes.

On trouvera dans le tableau II ci-après les résultats de cette expérimentation.

La comparaison des chiffres de ce tableau montre que :

1° En ce qui concerne l'emploi du fumier de ferme, l'adjonction de l'acide phosphorique sous forme de phosphate précipité et de superphosphate a produit un résultat très peu sensible pour le phosphate précipité (2800 kilogrammes d'excédent), et a accru le poids à l'hectare d'environ 5600 kilogrammes pour le superphosphate. L'addition de la chaux en poudre ayant produit un résultat identique, il y a lieu d'en tirer cette conclusion que c'est la chaux beaucoup plus que l'acide phosphorique qui manquait à notre champ.

Le rendement à l'hectare a été peu élevé, avec une fumure même assez considérable, avec le fumier seul. Ce rendement a été fortement élevé par l'emploi de l'engrais chimique complet que nous avons étudié plus haut, conjointement avec une demi-fumure de fumier (carré 6).

2° Les chiffons et engrais de laine donnent leur maximum d'effet utile quand ils ont été traités par une lessive caustique qui les rend solubles, et rend par conséquent beaucoup plus facile et plus rapide leur assimilation par les plantes ; c'est ce qui résulte de la comparaison des carrés 7 et 17. L'addition de la chaux a probablement aidé à la décomposition des chiffons dans le sol, car on voit (parcelle 8) son emploi signalé par un excédent de rendement de 9000 kilogrammes. L'addition de l'acide phosphorique et de la potasse par le superphosphate potassique produit les mêmes résultats, mais avec une dépense plus élevée. Dans ce cas, comme pour le fumier, l'addition d'une quantité assez considérable d'acide phosphorique sous forme de phosphate bibasique ou précipité n'a eu qu'un effet peu sensible.

3° L'avantage sur tous les engrais essayés est resté à l'engrais chimique enfoui à la charrue avec une certaine quantité de chaux ; l'utilité de cette base se fait encore sentir par un excédent de 7000 kilogrammes de betteraves à l'hectare (carrés 10, 11 et 12).

L'enfouissement de cet engrais et de la chaux à la charrue paraît devoir être préféré à l'enfouissement de la chaux seul, l'engrais

TABLEAU II. —

Nos DES CARRÉS.	NATURE ET POIDS DES ENGRAIS EMPLOYÉS.	COUT DES ENGRAIS par hectare.
		fr.
1	70 000 kil. fumier de ferme à 15 fr. les 1000 kil.	1050
2	— — + 200 hectol. chaux à 0 fr. 65 l'hectol...	1175
3	— — + 600 kil. superphosph. à 15 fr. les 100 kil.	1140
4	— — + 1000 kil. id.	1200
5	— — + 200 hect. chaux + 500 kil. phosphate précipité.	1300
6	35 000 kil. fumier de ferme + 1000 kil. engrais chimique.	825
7	2 500 kil. chiffons de laine à 15 fr. les 100 kil...	375
8	2 500 — + 200 hect. chaux.	500
9	2 500 — + 1000 kil. superphosphate potassique à 17 fr. les 100 kil.	545
10	1 500 kil. engrais chimique.	450
11	1 500 — + 200 hect. chaux (engr. chim. à la surface).	575
12	1 500 kil. engrais chimique + 200 hect. chaux enfoui à la charrue.	575
13	2 500 kil. matières animales désagrégées à 18 fr. les 100 kil.	450
14	2 500 kil. cuir torréfié à 18 fr. les 100 kil.	450
15	2 500 — + 200 hect. chaux	575
16	3 000 kil. vieux sacs de laine + 1000 kil. phosphate précipité.	300
17	3 000 — traités par la soude caustique	300
18	200 hectol. chaux éteinte (en poudre) à 0 fr. 65 l'hect.	125
19	100 — vive (en morceaux) à 1 fr. 25 l'hect.	125
20	800 kil. sulfate d'ammoniaque à 55 fr. les 100 kil.	440
21	800 — + 200 hect. de chaux.	565
22	1 000 kil. nitrate de soude à 44 fr. les 100 kil.	440
23	1 000 — + 200 hect. de chaux.	565
24	1 000 kil. sels d'osmose à 42 fr. les 100 kil	420
25	Rien.	»

ÉTUDE DE 25 GENRES DE FUMURE

ÉLÉMENTS FERTILISANTS PAR HECTARE.				RENDEMENT EN POIDS.	LE 1er SEPT.		LE 1er OCTOBRE.		SELS MINÉRAUX p. 100.	COEFFICIENT SALIN.	SUCRE PRODUIT par hectares.
Azote.	Acide phosph.	Potasse.	Chaux.		Densité.	Sucre p. 100.	Densité.	Sucre p. 100.			
kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	°		°		gr.		kil.
280	140	350	?	22.200	4.8	8.37	4.7	9.17	1.800	8	2.000
280	140	350	8.000	28.400	4.9	8.88	5.1	9.87	0.765	12	2.800
280	230	350	?.	27.800	5.2	10.02	5.1	10.02	0.760	13	2.700
280	290	350	?	26.100	4.6	8.59	4.7	8.72	0.927	9	2.300
280	290	350	8.000	31.200	4.25	8.84	4.4	9.33	1.072	8	2.900
210	140	2 5	?	38.500	5.0	9.11	4.8	9.08	0.873	10	3.500
275	»	»	»	23 400	4.9	8.94	5.1	10.25	740	13	2.400
275	»	»	8.000	32.500	4.8	8.62	5.0	9.79	792	12	3.200
275	90	200	?	31.300	5.15	9.26	4.8	9.38	693	13	3.000
105	105	50	?	45.200	5.4	9.88	4.9	9.58	805	11	4.300
105	105	50	8.000	49.900	5.3	9.69	4.7	8.99	900	9	4.500
105	105	50	8.000	52.500	4.4	7.12	4.8	9.21	900	11	4.800
200	»	»	»	29.800	5.2	9.79	5.1	10.02	810	11	3.000
200	»	»	»	30.100	4.8	8.83	4.65	8.83	873	10	2.700
200	»	»	8.000	38.600	5.4	9.83	5.10	10.01	765	13	3.900
210	280	»	?	28.900	4.6	8.30	4.7	8.90	855	10	2.600
210	»	»	»	35 200	4.2	7.79	4.15	7.94	900	8	2.800
»	»	»	8.000	32.600	5.0	9.58	5.1	10.26	810	12	3.300
»	»	»	8.000	22.900	5.3	10.42	5.4	10.49	810	12	2.400
160	»	»	»	36.000	4.8	8.70	4.8	8.90	855	10	3.200
160	»	»	8.000	41.500	4.8	8.63	4.9	9.26	765	12	3.800
155	»	»	»	48.000	4.3	7.42	4.4	7.74	893	8	3.700
155	»	»	8.000	48.000	4.9	8.69	4.7	8.72	918	9	4.200
140	»	405	»	37.300	4.6	8.31	4.9	9.26	973	10	3.500
»	»	»	»	20.000	5.5	10.47	5.3	10.93	792	13	2.200

chimique étant déposé à la surface. Ce mode d'emploi a donné 2 500 kilogrammes de plus.

4° L'étude de l'emploi des matières animales torréfiées et désagrégées montre encore l'influence favorable de la chaux, qui a augmenté de 8 000 kilogrammes à l'hectare le rendement en poids et de 900 kilogrammes la production en sucre (carrés 13, 14, 15).

5° Ayant remarqué que bien des cultivateurs épandaient la chaux sur leurs champs en morceaux plus ou moins volumineux, au lieu de prendre la précaution de la faire déliter préalablement par l'addition d'eau et de la transformer ainsi en une poudre blanche légère et d'une répartition facile, nous avons essayé comparativement ces deux modes d'emploi, et avons reconnu, par une différence de 10 000 kilogrammes à l'hectare, que l'avantage restait à l'emploi de la chaux éteinte et en poudre sur celui de la chaux vive en morceaux; c'est ce qu'il était du reste facile de prévoir. M. Derôme avait constaté déjà ce fait à diverses époques.

6° Dans les carrés 20, 21, 22 et 23 nous avons employé des doses égales d'azote sous forme de sels ammoniacaux et de nitrates, avec et sans chaux, et devons signaler la supériorité qu'a gardée le nitrate de soude, surtout avec l'addition de chaux, sur le sulfate d'ammoniaque. La chaux a élevé de 5000 kilogrammes le rendement en poids obtenu avec le sulfate d'ammoniaque, et dans les deux cas la production du sucre s'en est trouvée accrue de près de 600 kilogrammes par hectare.

7° L'emploi des sels d'osmose, qui renferment des nitrates de potasse et autres sels de cette base et de soude mélangés avec des matières organiques, n'a rien produit de bien intéressant à signaler.

Le point capital qui ressort de toute cette expérimentation, c'est l'influence favorable qu'a exercée l'emploi de la chaux éteinte en poudre, avec tous les engrais essayés, et l'avantage que présente sur tous les autres l'emploi d'un bon engrais chimique complet renfermant de l'azote sous ses trois formes, de l'acide phosphorique assimilable, de la potasse et de la chaux, et cela au double point de vue du rendement cultural élevé et de la richesse saccharine. En effet, c'est également pour les carrés 9, 10 et 11 que celle-ci est la plus satisfaisante.

3° Etudes sur la graine préparée.

M. Derôme a remarqué il y a quelques années, et a signalé aux cultivateurs l'avantage que l'on retire de l'emploi de graines de betteraves en voie de germination. Son procédé est des plus simples, il consiste à faire tremper la graine durant vingt-quatre heures dans de l'eau tiède, dans un récipient percé par le fond. Lorsqu'on a fait égoutter l'eau, on remue la graine durant quelques jours, quatre à cinq fois par jour, afin que son échauffement se fasse régulièrement. Au bout de ce temps les germes pointent et la graine est bonne à planter; c'est ce que M. Derôme appelle de la graine préparée. Si le mauvais temps empêche de la planter, on la retire du récipient et on l'étend sous une faible épaisseur dans un endroit frais pavé en briques, carreaux, pierre bleue ou macadam. On la retourne matin et soir, et on l'entretient dans des conditions d'humidité et de froid nécessaires pour empêcher un plus grand développement des germes. L'auteur du procédé a pu, en opérant de la sorte, se servir avec avantage de graines préparées vingt et un jours avant le moment où le beau temps permit enfin de les employer.

La levée de la betterave semée dans ces conditions se fait dans les quatre ou cinq jours au maximum, suivant la température. Elle se fait d'une manière extrêmement régulière, et l'avance prise par la betterave ainsi produite sur celles semées par les procédés ordinaires se maintient jusqu'à la récolte. On sait en effet qu'une levée prompte et vigoureuse et des binages rapidement faits mettent la jeune plante à l'abri des attaques des insectes, qui la tourmentent souvent dès la germination; c'est donc un avantage que procure la graine préparée. La graine en voie de germination ne doit être recouverte que d'*un demi* à *un et demi* centimètre de terre. Enfin pour augmenter la vigueur de la jeune plante et lui permettre de résister plus facilement aux attaques des insectes et parasites végétaux auxquelles elle se trouve exposée, surtout à ses débuts, on dépose à 8 ou 10 centimètres sous la graine, dans le rayon du semoir une petite quantité d'engrais chimique pour betteraves, destiné à lui fournir rapidement les éléments minéraux nécessaires à son développement.

Pour appliquer cette méthode, une grande difficulté se présentait.

Aucun semoir n'était disposé de manière à permettre de répandre méthodiquement l'engrais dans le rayon et la graine préparée. Pour triompher de cet obstacle, M. Derôme inventa un semoir qui donne toute facilité pour accomplir ce travail. Il s'est servi de cet instrument pour planter l'année dernière environ 20 hectares de betteraves dans sa culture, et c'est avec lui que nos champs d'expériences ont été préparés.

Le champ sur lequel nous avons étudié l'influence de ce mode d'emploi, comprenant 3 hectares de superficie, a été planté le 7 mai et arraché au 1er octobre. Ce champ avait reçu une fumure de 40 000 kilogrammes de fumier de ferme, enfoui à la charrue en février. On lui rendit au moment de l'ensemencement des doses progressives d'engrais artificiels, afin de pouvoir contrôler ainsi avec la graine préparée les résultats obtenus dans une étude précédente sur la graine ordinaire. La graine sèche, plantée en même temps que la graine germée, ne fut complètement levée qu'au bout de dix-huit jours, tandis que la graine préparée l'était au bout de six. Nous donnerons ici, carré par carré, le nombre des betteraves retrouvées à l'are, au moment de l'arrachage. Ces chiffres montreront l'avantage de la graine préparée au point de vue des manquants, qui sont beaucoup moins nombreux que par l'emploi de la graine ordinaire.

TABLEAU III. — ÉTUDE SUR LA GRAINE PRÉPARÉE (EN VOIE DE GERMINATION)

Nos D'ORDRE.	GRAINE.	ENGRAIS COMPLÉMENTAIRE.	NOMBRE de racines à l'are.	POIDS BRUT à l'hectare.	DENSITÉ DU JUS.	SUCRE p. 100.	SELS MINÉRAUX p. 100.	COEFFICIENT SALIN.	SUCRE PRODUIT à l'hectare.
1	Normale.	»	685	28.540	5°3	10.54	0.828	12	3.000
2	Préparée.	»	763	30.000	5.2	10.24	648	15	3.100
3	—	80 k. matières animales désagrégées.	727	32.360	5.15	10.06	765	13	3.200
4	—	150 k. matières animales désagrégées.	784	33.050	5.4	10.95	783	13	3.600
5	—	450 k. Matières animales désagrégées.	705	42.000	5.2	10.77	675	16	4.600
6	—	450 k. Matières animales + 20 p. 100 chaux...........	764	43.700	4.7	8.95	780	11	3.900
7	—	175 k. Matières animales + 175 kil. superphosphate....	830	36.970	4.8	9.07	810	11	3.300
8	—	200 k. Engrais chimique...........	833	39.200	5	9.79	837	11	3.800
9	—	400 k. Engrais chimique..........	813	42.100	4.7	9.20	873	10	3.900
10	—	500 k. Engrais chimique............	837	46.880	5.1	10.41	792	13	4.800

Le carré 1 seul a été semé en graines sèches, tous les autres en graines préparées. Les carrés 1 et 2 n'ont reçu que la fumure du fumier de ferme sans autres engrais complémentaires. Voici les chiffres qui résultent de cette étude comparative.

On voit, d'après ce tableau, que l'emploi de la graine en voie de germination présente de réels avantages sur celui de la graine normale. On retrouve un nombre de racines supérieur d'un dixième environ ; le poids brut à l'hectare est un peu plus élevé, la richesse saccharine restant à peu près la même. Nous croyons donc que cette pratique doit être recommandée aux cultivateurs. La comparaison des chiffres qui suivent (carrés 3 à 10) confirme nos expériences précédentes sur les excédents de récolte dus à l'emploi de quantités progressives de même engrais.

Nous avions déjà en 1877 fait deux champs d'expériences pour y étudier l'influence de la préparation de la graine, et voici ce que nous avions observé.

Dans le premier champ, pièce de 9 hectares, on avait semé le 7 mai la *graine préparée* avec une certaine quantité d'engrais complet mélangé à la graine, et le 11 mai la graine sèche mélangée avec la même quantité d'engrais. La graine ayant été déposée un peu trop profondément sur toute l'étendue de la pièce, la levée a souffert un peu, surtout sur la partie où l'on avait employé la graine normale. Quand on les arracha, on constata que les graines préparées avaient produit 6500 kilog. à l'hectare de betteraves de plus que les autres.

Dans un autre champ on planta des graines fortement germées, réunies en une pelote qu'on dut émietter à la main ; une partie des germes était complètement sortie de la graine, et, contrairement à à l'usage, le semis n'a pas été roulé. Malgré ces inconvénients et dix jours de grande sécheresse après la plantation, ces graines se sont très bien levées. Sur une deuxième portion de ce champ on mit de la même graine normale, et sur une troisième partie des graines pralinées, c'est-à-dire mouillées et roulées dans un mélange de phosphates et de sels divers, sulfate d'ammoniaque, nitrates et chlorures de potassium. Les graines préparées se sont levées en quatre jours et sont restées les plus vigoureuses. A l'arrachage, elles ont donné 4500 kilog. de plus à l'hectare. Ces expériences sont donc très concluantes.

4° Culture en billons et culture à plat.

Il existe deux manières de cultiver la betterave : la première, celle qui est le plus généralement adoptée dans toutes les contrées où l'on pratique cette culture, consiste à semer les betteraves dans un terrain uni, convenablement disposé par des labours et hersages successifs. Lorsque la graine est levée et que la jeune plante a atteint la hauteur de quelques centimètres, on procède au binage et au démariage, de manière à établir dans le champ de grandes lignes longitudinales distantes de $0^m,40$ l'une de l'autre et dans lesquelles on trouve une plante à chaque $0^m,25$, ce qui fait environ cent mille racines par hectare ou mille racines à l'are. La seconde méthode consiste à diviser la terre en une grande quantité de petites collines ayant environ $0^m,20$ à $0^m,30$ de hauteur, séparées entre elles par une rigole. Ces collines sont ce que l'on appelle *des billons :* c'est dans leur axe que l'on sème la graine de betterave après y avoir déposé préalablement, soit par le labourage, soit autrement, la quantité d'engrais nécessaire.

La culture en billons étant pratiquée dans une partie de la France et préconisée par des hommes dont la compétence en semblable matière ne peut être douteuse, et parmi ceux-ci nous citerons MM. Champonnois et G. Decrombecque de Lens, nous avons cru devoir étudier à notre tour cette question, afin de reconnaître s'il y avait réellement utilité, dans la pratique ordinaire, à recourir à ce mode de culture, beaucoup plus long, plus difficile et plus dispendieux que la culture à plat généralement pratiquée.

Pour régler notre expérimentation, nous avons pris deux variétés de betteraves, l'une médiocre, provenant d'un des planteurs les moins autorisés de la région, betterave connue comme généralement pauvre en sucre, mais d'un rendement élevé ; elle est rose, à petit collet et portant peu de feuilles. La seconde variété est une race de Silésie bien acclimatée et préparée avec soin. Elle possède généralement une richesse saccharine satisfaisante et un rendement en poids rémunérateur pour le cultivateur. Celle-ci est blanche et pourvue d'une quantité de feuilles triple de la précédente. Le sol de ce champ d'expériences est argileux, de très bonne qualité, plutôt humide que sec, le sous-sol est très profond.

Les betteraves, semées le 1er juin, n'ont été récoltées que le 15 novembre. Elles ont donc eu tout le temps nécessaire à une complète maturation.

L'écartement entre les billons fut de 0m,80 et les betteraves furent laissées à 0m,12 l'une de l'autre dans le billon, distance très faible, mais nécessaire pour avoir environ mille racines à l'are et être dans les mêmes conditions à ce point de vue que dans la culture à plat.

En même temps que l'influence du billon, on a étudié dans ce champ trois modes différents de répartition de l'engrais dans ce mode de culture :

1° A la charrue, avant de former les billons ;

2° A la surface du labour ;

3° Sur le faîte des billons, après la plantation.

Il convient d'ajouter que l'engrais employé fut l'engrais chimique complet dont nous avons déjà parlé à diverses reprises, et que dans les trois cas la quantité de ce produit fut rigoureusement la même, soit 1200 kilog., par hectare.

Dans la culture à plat, cette dose d'engrais avait été enfouie à la charrue.

Voir ci-après le tableau des résultats obtenus dans ces circonstances.

Les résultats de cette étude nous paraissent très nets.

La culture à plat a donné des résultats infiniment supérieurs à ceux de la culture en billons. Le rendement à l'hectare a été plus élevé dans les deux cas d'environ 6 000 kilog. La production de sucre à l'hectare a été également plus forte de 900 à 1 700 kilog.

Le mode d'emploi des engrais paraît présenter les mêmes différences dans la culture en billons que dans la culture à plat ; l'avantage y reste à l'enfouissement à la charrue, qui donne environ 20 à 25 p. 100 de plus en poids à l'hectare. La pratique de la culture en billons ne nous paraît donc devoir être avantageuse et recommandée que dans certains cas spéciaux, quand, par exemple, la couche arable est très faible, ne dépasse guère 30 à 40 centimètres de profondeur, comme c'est le cas dans une grande partie de la culture de M. Decrombecque, dans la plaine de Lens. Par ce moyen on crée une couche arable artificielle, ou du moins on augmente dans une certaine mesure la profondeur de cette couche et l'on facilite ainsi la croissance et le développement des racines, qui sans cette précaution demeureraient courtes, ramassées et irrégulières de forme.

TABLEAU IV. — ÉTUDE SUR LA CULTURE A PLAT ET EN BILLONS.

NUMÉROS D'ORDRE.	MODE DE CULTURE.	RACINES A L'ARE.	RENDEMENT en poids à l'hectare.	DENSITÉ DU JUS.	SUCRE p. 100.	SELS p. 100.	COEFFICIENT SALIN.	SUCRE PRODUIT à l'hectare.
	BETTERAVE DU PAYS, ROSE A PETIT COLLET							
1	Culture à plat. Engrais mis à la charrue.....	878	46.440	5.55	11.30	0.853	13	5200
2	Culture en billons. Engrais mis à la charrue.	950	39.600	4.85	8.90	855	10	3500
3	Culture en billons. Engrais mis à la surface du labour...........	937	38.660	5.	9.43	657	14	3600
4	Culture en billons. Engrais mis sur le faîte.	925	34.850	5.3	10.41	672	15	3600
	VARIÉTÉ DE SILÉSIE, ACCLIMATÉE							
5	Culture à plat. Engrais mis à la charrue.....	890	34.450	6.5	13.38	1.000	11	4600
6	Culture en billons. Engrais mis à la charrue.	820	28.730	6.25	12.82	0.720	18	3700
7	Culture en billons. Engrais mis dans le labour................	845	25.365	6.1	12.60	0.675	19	3200
8	Culture en billons. Engrais mis sur le faîte.	825	22.320	5.9	11.80	0.792	15	2600

Mais quand on possède un sol de bonne qualité et de profondeur suffisante, nous croyons cette pratique tout à fait inutile, à moins toutefois que l'on ait un terrain bas, très humide et qu'on ne veuille le dessécher partiellement par ce moyen.

Nous nous proposons néanmoins de recommencer à la prochaine campagne nos expériences sur ce mode de culture, et voici comment nous comptons opérer.

On labourera la terre avec soin avant l'hiver et nous ferons nos billons dès cette époque, puis nous transporterons nos fumiers et les étendrons dans le creux des billons en février, aussitôt que l'excès d'humidité se sera écoulé. On hersera avec une herse à pommes de terre, et, dès que le temps le permettra, on reprendra les billons avec le buttoir, de façon que le fumier ou l'engrais em-

ployé soit tout à la fois au fond et au centre du billon. On plantera dès le 1[er] avril avec de la graine préparée et un mélange de 1/3 superphosphate et 2/3 matières animales désagrégées promptement assimilables, enfoui dans le rayon du semoir à 4 ou 5 centimètres sous la graine. On fera en sorte que l'écartement des billons ne dépasse pas 0^m,70 et on placera les betteraves à 0^m,12 en moyenne. Nous verrons si, dans ces conditions qui nous paraissent être les plus favorables pour l'emploi des billons, ce mode de culture ne peut soutenir avantageusement la comparaison avec la culture à plat dans les terres de bonne et de moyenne qualité, et nous présenterons, lorsque nous les aurons relevés, les résultats de cette nouvelle étude.

L'AGRICULTURE AU BRÉSIL

PAR

M. ER. GUIGNET
Directeur de la Station agronomique de la Somme.

I

LA CANNE A SUCRE

I. — Choix des variétés. — Composition chimique, derniers travaux.

La culture de la canne au Brésil est *extensive*, comme il arrive presque toujours dans les pays très faiblement peuplés. Douze fois grand comme la France, le Brésil pourrait nourrir 450 millions d'habitants, tandis qu'il n'en a pas 12 millions.

Jusque dans ces dernières années, les procédés perfectionnés pour la culture de la canne, ainsi que pour la fabrication du sucre, sont restés l'apanage exclusif des colonies européennes, surtout des colonies françaises et anglaises.

La culture *intensive* de la canne comporte les méthodes de culture les plus parfaites, les fumures les plus abondantes, que nous savons si bien employer pour la betterave.

On pourrait croire qu'il y a peu à faire pour l'*amélioration* de la canne à sucre, si facile à travailler et depuis si longtemps exploitée; mais ce serait une grande erreur.

D'abord il faut choisir les variétés les plus convenables pour la culture et en même temps pour la fabrication.

On connaît au moins trente variétés de canne à sucre. L'une des plus estimées est celle d'Otaïti, cultivée dans toutes les colonies. On lui reproche ses entre-nœuds trop allongés, ce qui la rend fragile et sujette à être cassée par les grands vents.

La *canne violette*, la *rubanée* sont très estimées. Il en est de même de la variété dite de *Salangore*, à longues feuilles retombantes, un peu épineuses ; mais elle est encore peu répandue.

La *canne de Chine*, petite et dure, très résistante aux intempéries ainsi qu'aux insectes, convient plutôt aux parties méridionales de l'Europe qu'aux pays tropicaux.

La canne dite *créole* est une variété gigantesque qui produit beaucoup de jus peu sucré. Elle correspond à nos énormes betteraves, si peu riches en sucre.

Sur une même plantation, il semble utile de changer de temps en temps la variété cultivée, ce qui s'explique par la raison que les animaux ou les maladies qui attaquent certaines variétés respectent les autres.

Ainsi, pour ne citer qu'un exemple, la *canne rouge rayée* a un épiderme très dur que les rats peuvent à peine entamer, tandis qu'ils dévorent aisément la canne créole.

Les diverses variétés de canne à sucre proviennent évidemment de semis naturels. Cependant on assure que la canne ne donne pas de graines, même sous les climats les plus favorables. Il est plus probable qu'on n'aura pas observé d'assez près les conditions de maturation de la graine, précisément parce qu'on est trop habitué à multiplier la canne par boutures. Il y aurait donc d'importantes expériences à exécuter dans les régions où la canne prospère le mieux, dans l'intérieur de l'Inde ou du Brésil. Si on pouvait réaliser des semis, on obtiendrait des variétés intéressantes.

Par des sélections habiles, on est arrivé à créer des betteraves sucrières contenant *deux fois* autant de sucre que la betterave blanche de Silésie. Pourquoi la sélection ne réussirait-elle pas pour la canne ?

Au point de vue du rendement maximum en sucre, il est très important de choisir l'époque de la maturité parfaite pour faire la récolte. Il faut attendre que les cannes aient bien *fléché*, et de plus que le panicule qui représente la fleur soit bien développé. Les

cannes coupées doivent être aussitôt moulues : vingt-quatre heures de fermentation en tas suffisent pour transformer une grande partie du sucre en sucre incristallisable.

D'importantes recherches, publiées en 1877 par M. F. Vandesmet, ingénieur des arts et manufactures à la Guadeloupe, ont démontré que la composition chimique de la canne varie beaucoup, non seulement avec la variété cultivée, le degré de maturité et les avaries que la récolte a pu subir, mais aussi selon les diverses parties que l'on considère dans une même canne.

C'est ce qui résulte des tableaux suivants, empruntés au travail de M. Vandesmet :

Désignation des cannes analysées. (*Tableau* I.)

(1) Cannes rouges nœuds longs (très bonne sorte), venues sur bonnes terres.

(2) Cannes vertes (sorte Otaïti), cultivées à la Guadeloupe sur terres pauvres, végétation très activée par les pluies, ce qui a augmenté la quantité de substances organiques et de glucose qui n'a pu en temps et lieu complètement se transformer en sucre cristallisable. On sait, en effet, que plus la canne est jeune, plus elle renferme de glucose ; que c'est sous cette forme que le sucre prend naissance et passe ensuite successivement à l'état de sucre cristallisable sous l'influence des rayons solaires.

(3) Cannes venues sur bonnes terres, mais aussi de végétation active, favorisée par les pluies, comme (2).

(4) Cannes rayées rouges, terres bonnes, culture soignée.

(5) Moyenne des cannes livrées à l'usine par les différentes habitations.

(6) Cannes rouges, espèce grêle résistant bien à la sécheresse, mais dure au point de briser quelquefois les moulins. Peu cultivée pour cette raison.

(7) Moyenne comme à (5).

(8) Cannes premiers rejetons venues sur palétuviers.

(9) Moyenne de cannes mal venues, sur terres peu cultivées, végétation activée par les grandes pluies, bouts blancs laissés en partie.

(10) (11) Cannes dont la végétation avait repris au moment de la coupe, d'où résulte une augmentation de glucose.

TABLEAU I.

POUR 100 KILOS DE CANNES.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
Sucre.............	18.073	14.297	17.420	16.177	15.467	16.088	15.880	15.635	12.045	13.590	12.551	12.487	9.341	9.755	8.182
Glucose...........	0.167	0.282	0.308	0.132	0.266	0.141	0.279	0.180	0.297	0.675	0.675	0.660	0.666	1.179	1.753
Eau...............	72.240	75.490	71.800	72.160	73.025	71.270	74.380	73.290	73.100	74.800	75.770	77.570	79.070	75.250	80.750
Cendres...........	0.284	0.315	0.297	0.234	0.315	0.360	0.382	0.378	0.540	0.405	0.405	0.346	0.171	0.517	0.450
Matières organiques.	0.326	0.949	1.161	0.188	0.173	0.481	0.181	0.538	0.682	0.432	0.432	0.733	0.981	0.708	0.964
Cellulose..........	8.910	7.667	9.012	11.109	11.054	11.657	9.129	9.979	13.476	10.098	10.199	8.204	8.171	12.591	7.901
	100.000	100.000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.000	100.00	100.000	100.00	100.000
Degrés Baumé du jus obtenu..........	11.2	10.1	11.8	10.3	9.8	10.5	10.3	10.3	8.3	9.3	8.7	8.3	7.5	7.5	7.0
Densité...........	1.0840	1.0754	1.0892	1.0760	730	1.0787	1.0768	1.0760	1.0612	1.0691	1.0641	1.0612	1.0540	1.0549	1.0511

(12) Moyenne prélevée à la même époque que (5) et (7); mais les bouts blancs ont été à peine enlevés; de là diminution de 3 p. 100 de sucre; ce qui montre combien il est important de ne pas recevoir les cannes dans ces conditions.

(13) Mélange de cannes ayant végété sous l'influence de fortes pluies et de cannes (variété dite *créole*) qui deviennent énormes, mais sont pauvres en sucre.

(14) Cannes de la Guadeloupe, coupées depuis quatre jours et abandonnées en tas par temps orageux. Les tronçons avaient *sûri* sur un cinquième de leur longueur.

(15) Cannes récoltées après de fortes pluies, n'ayant subi que très peu l'action du soleil. C'est cet échantillon qui contient la plus faible proportion de sucre cristallisable et la plus forte de glucose.

Au point de vue de la fabrication, le glucose représente une double perte : d'abord celle du sucre cristallisable qu'il remplace ; puis, un accroissement de déchet et une plus grande consommation de noir ; car, en présence de la chaux de défécation, les jus se colorent d'autant plus qu'ils contiennent plus de glucose. Le travail devient donc beaucoup plus difficile et plus coûteux.

Désignation des échantillons. (*Tableau II.*)

Tous les échantillons proviennent d'une même sorte de cannes (variété Otaïti), la plus répandue dans la culture des Antilles.

(1) Pris dans une culture de la Guadeloupe, où la terre est pauvre et la végétation très active sous l'influence de pluies très fréquentes.

(2) Lot composé de cannes premiers rejetons venues sur palétuviers dans une habitation où la culture est soignée (grande terre).

(3) Pris de même à la grande terre, dans une habitation possédant un très bon sol. — Cet échantillon représente ce que l'on peut obtenir de plus beau.

III. Plantation et culture.

Dans les cultures perfectionnées, la terre est parfaitement travaillée, avec des charrues de première force, et même avec des charrues sous-sol. Plus grande est l'épaisseur de la couche arable,

TABLEAU II.

POUR 100 KILOS DE CANNES.	ÉCHANTILLON N° 1. — DIAMÈTRE MOYEN 48 MILLIMÈTRES. POIDS MOYEN D'UNE CANNE $4^k,4$. LONGUEUR TOTALE $2^m,60$.				ÉCHANTILLON N° 2. — DIAMÈTRE MOYEN 43 MILLIMÈTRES. POIDS MOYEN D'UNE CANNE $2^k,96$. LONGUEUR TOTALE $2^m,65$.				ÉCHANTILLON N° 3. — DIAMÈTRE MOYEN 44 MILLIMÈTRES. POIDS MOYEN D'UNE CANNE $3^k,2$. LONGUEUR TOTALE $2^m,60$.			
	Bout blanc $0^m,40$.	Partie supérieure $0^m,525$.	Partie moyenne $1^m,05$.	Partie inférieure $0^m,525$.	Bout blanc $0^m,45$.	Partie supérieure $0^m,525$.	Partie moyenne $1^m,05$.	Partie inférieure $0^m,525$.	Bout blanc $0^m,40$.	Partie supérieure $0^m,55$.	Partie moyenne $1^m,10$.	Partie inférieure $0^m,55$.
Sucre	1.914	7.790	14.055	14.700	2.461	12.822	17.403	17.938	3.703	13.349	18.090	18.579
Glucose	2.367	0.945	0.207	0.175	3.500	1.053	0.105	0.103	1.330	0.819	0.152	0.146
Eau	85.580	78.930	74.650	74.050	83.307	75.750	72.270	71.180	84.050	76.890	70.420	68.920
Cendres	0.630	0.477	0.203	0.180	0.607	0.203	0.203	0.202	0.482	0.473	0.302	0.491
Matières organiques	1.560	1.975	0.385	0.371	0.622	0.592	0.480	0.170	0.380	0.352	0.320	0.305
Cellulose	7.949	9.883	10.410	10.524	9.403	9.700	9.847	10.447	9.905	9.517	10.716	11.559
	100.000	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.000
Degrés Baumé du jus	4	6.9	9.2	9.5	5	9.1	11.0	11.3	3.7	9.3	11.6	12.0
Densité du jus	1.0286	1.0503	1.0683	1.0706	1.0360	1.0675	1.0827	1.0850	1.0260	1.0691	1.0876	1.0909

mieux cette couche est ameublie, et mieux se fait la végétation de la canne. Aussi doit-on briser les mottes à la herse et même au rouleau Crosskill.

La plantation se fait d'ordinaire avant la saison des pluies.

On ouvre à la charrue un sillon très profond (de $0^m,30$ à $0^m,40$) en procédant comme pour une *dérayure;* ou bien, ce qui est préférable, on emploie une charrue à deux versoirs (un buttoir).

On couche au fond du sillon des cannes entières ou seulement des tronçons de cannes placés presque bout à bout. Ces morceaux de cannes n'ont ordinairement qu'un nœud : c'est ce qu'on appelle de la *semence* de cannes. Beaucoup de planteurs emploient exclusivement les *bouts blancs*, qui doivent être rejetés de toute bonne fabrication, et même coupés très bas.

On fait quelquefois usage de *rejets* pris au pied des souches, mais ce mode de multiplication ne paraît pas présenter d'avantages.

Les tronçons de cannes doivent être recouverts de quelques centimètres de terre. Ce travail se fait le plus souvent à la houe à main : rien n'empêcherait de l'exécuter au buttoir, comme on fait pour les pommes de terre.

Un mois après la plantation, on voit les pousses sortir de terre.

Les lignes de cannes doivent être espacées de $1^m,80$ environ, de manière à pouvoir cultiver aisément entre les lignes à la houe à cheval, et pratiquer deux ou trois buttages qui favorisent le développement des cannes, tout en les rendant plus résistantes à l'action des vents.

Entre lignes on cultive souvent des haricots noirs, variété naine fort productive et de qualité médiocre, très répandue au Brésil et dans les colonies.

La plantation en lignes, à la charrue, n'est pratiquée que dans les plaines et par les cultivateurs les plus avancés.

Le plus souvent on plante à la houe à main, en lignes beaucoup plus serrées, et même au hasard. Si les lignes sont un peu écartées, on entoure d'ordinaire tout le champ d'une ceinture de cannes très serrées pour servir de *brise-vents*, dit-on. Mais la plus grande utilité de ce rideau, c'est de cacher aux yeux du maître les fautes de culture.

Un autre mode de plantation (souvent appelée *plantation à cru*) s'applique aux défrichements en terrains irréguliers, parsemés de roches ou de troncs d'arbres. On fait çà et là des trous verticaux,

ou même obliques, à l'aide d'une sorte de *fleuret* ou de barre de mine. On introduit dans chaque trou un tronçon de canne et on le coupe à rez de terre, ou mieux un peu au-dessous du sol; car il est bien reconnu que les boutures de cannes doivent toujours être un peu enterrées.

La végétation de la canne est extrêmement active, elle *talle* beaucoup, à la façon des plus humbles graminées; de sorte qu'au bout d'un an une plantation bien faite et bien cultivée se trouve formée d'énormes touffes dont les tiges sont presque toutes mûres à la même époque, tandis qu'un grand nombre de rejetons sont prêts à sortir de terre pour la récolte suivante.

La canne, parfaitement mûre, doit être soigneusement coupée à rez de terre, sans endommager les rejetons, espoir de la future récolte.

On emploie pour couper les cannes une sorte de coutelas bien affilé qui sert un peu à tout: à élaguer les arbres aussi bien qu'à façonner (tant bien que mal) du bois de chauffage; à ouvrir des sentiers dans la forêt, et même à combattre les bêtes fauves.

Les Américains du Nord ont songé à couper les cannes à l'aide d'une puissante moissonneuse; mais il suffit d'avoir parcouru quelques champs de canne pour être convaincu des difficultés peut-être insurmontables d'une telle entreprise.

La canne coupée est *effeuillée*, c'est-à-dire qu'on enlève toutes les feuilles sèches, qui restent sur le sol et servent d'engrais. Les planteurs soigneux font même exécuter cet effeuillage quelque temps avant la récolte, de manière à activer la maturation.

On retranche ensuite le *bout blanc* avec les feuilles restées vertes et la flèche terminale. Ces dernières parties servent de nourriture aux animaux de travail. Les bouts blancs sont employés pour boutures ou bien ils sont pressés à part, et le jus est envoyé à la distillerie, où il donne de très bons produits, tandis qu'il serait fort nuisible à la sucrerie, comme nous l'avons expliqué plus haut.

Les cannes sont enfin coupées par morceaux de deux mètres de long, liées en faisceaux ou même chargées directement sur les voitures.

IV. Rendement et compte de culture.

En moyenne, un hectare de terre bien cultivée donne 50 000 kilogrammes de cannes de bonne qualité.

Il est à remarquer que ce chiffre est à peu près le même que celui qui exprime le rendement de la betterave.

Pressée par les moyens les plus énergiques, la canne donne 65 p. 100 de jus ou *vesou*, soit 32 500 kilogrammes de jus représentant environ 30 000 litres.

Dans les sucreries mal organisées, on ne retire de ce jus que 8 à 10 p. 100 de sucre, soit 3 000 kilogrammes de sucre brut égoutté.

Mais dans les sucreries qui fonctionnent le mieux on atteint 14 à 16 p. 100 du poids du vesou, soit près de 4 500 kilogrammes à l'hectare.

On peut présenter ces résultats d'une façon plus saisissante en les rapportant à 100 kilogrammes de cannes.

Les anciennes sucreries du Brésil produisent 3 à 4 kilogrammes de sucre *marchand* pour 100 kilogrammes de cannes, tandis que les usines montées avec les appareils perfectionnés donnent un minimum de 7kgr,500 pour la même quantité de cannes (minimum garanti par la Société Fives-Lille pour les usines qu'elle a montées).

Quant aux frais de culture, les données sont assez contradictoires et, de plus, elles manquent de précision. A la Louisiane, les frais de culture d'un hectare de canne sont évalués à 500 francs en moyenne, ce qui donne 10 francs pour le prix de revient de 1 000 kilogrammes de cannes.

Les chiffres officiels publiés au Brésil diffèrent complètement des précédents, comme on peut en juger par l'extrait suivant d'une publication du gouvernement brésilien (*l'Empire du Brésil à l'Exposition de Philadelphie*, 1876) :

« La culture de la canne est lucrative, même quand elle s'effectue dans les terrains siliceux qui lui sont moins favorables; si la plante s'y développe moins, elle donne en compensation un sirop beaucoup plus riche, de 12 à 14° Baumé. Dans les terrains nouvellement défrichés, il suffit de recourir à quelques amendements

pour arriver à récolter, au bout de quinze mois, 100 000 kilogrammes de canne par hectare; en outre, le travail et les soins nécessités par la canne permettent la culture des plantes légumineuses dans le même terrain.

» Un travailleur actif et intelligent qui emploie la charrue peut donner les soins à 2 hectares plantés de canne, et réaliser un bénéfice annuel de 3 976 francs en vendant la canne à raison de 19 fr., 88 les 100 kilogrammes.

» Les dépenses pour cette culture, dans la province de Rio-de-Janeiro, où les salaires sont élevés, sont calculées à raison de 369 fr., 20 l'hectare, y compris l'intérêt de 8 p. 100 des sommes engagées. Le produit que donne la canne s'élevant à 1 988 francs par hectare, le bénéfice net est de 1 618 fr., 80.

» Ce résultat s'accroît beaucoup si, dans un terrain préparé, l'on emploie la charrue et des instruments perfectionnés. »

Cet aperçu, fort vague, est néanmoins beaucoup trop affirmatif sur certains points. Si les centimes sont exacts, à coup sûr les centaines de franc sont erronées. Mais il y a plus.

Les terrains *siliceux* dont il s'agit ici sont des sables granitiques contenant un peu de chaux; souvent même ce sont des *sables marins*, assez riches en chaux.

Ce qui est vrai, c'est que les *vesous* du Brésil dépassent souvent 12° Baumé. Mais les 100 000 kilogr. à l'hectare sont difficiles à admettre : surtout avec les *amendements*, tout à fait inusités dans les cultures brésiliennes.

Quant à la culture des légumineuses (haricots noirs) dans les champs de cannes, il est clair qu'elle ne peut augmenter beaucoup le bénéfice du planteur, bien qu'elle contribue à le nourrir, lui et ses travailleurs.

Comment admettre que la canne vaut 19 fr., 88 la tonne, tandis qu'elle n'est estimée que 10 francs à la Louisiane, où le sucre est un peu plus cher qu'au Brésil?

En outre le *travailleur* serait plus souvent embarrassé de vendre ses cannes, vu la rareté extrême des grandes usines centrales.

Dans la province de Rio, un ouvrier se paie 2 fr., 50 par jour et on le nourrit, ce qui coûte environ 1 fr., 25 : total 3 fr., 75. La main-d'œuvre rurale n'est pas plus chère aux États-Unis et cependant la culture d'un hectare de cannes est évaluée 500 francs au lieu de 369 fr. 20.

Que signifient les *sommes engagées?* et pour quelle part entrent-elles dans le total de 369 fr., 20? C'est ce qu'il est impossible de savoir, vu l'absence de comptabilité chez presque tous les cultivateurs brésiliens.

V. Animaux nuisibles.

Les fourmis envahissent et ruinent souvent les plantations de cannes à sucre, comme toutes les autres cultures de l'Amérique du Sud.

Il y a surtout une redoutable espèce, la fourmi *sauva*, qui se creuse au-dessous du niveau du sol d'interminables labyrinthes à plusieurs étages, avec des grottes assez spacieuses en forme de marmites (*panellas*).

La sauva multiplie à l'infini. Si l'on parvient à inonder ses galeries d'eau bouillante, une bonne partie de la population échappe et les pertes sont promptement réparées.

Cependant on obtient au Brésil de véritables succès par une méthode fort originale, qui se répand de plus en plus et qui a été imaginée par M. Capanema, directeur des lignes télégraphiques brésiliennes.

On verse jusqu'au fond de la fourmilière plusieurs litres de sulfure de carbone saturé de soufre. Il se forme un mélange détonant avec l'air des galeries : on y met le feu à l'aide d'une mèche. Une forte explosion se produit et les fourmis sont tuées, soit par la commotion souterraine, soit par le gaz sulfureux résultant de la combustion du sulfure de carbone et du soufre en excès.

Dans cet ingénieux procédé, le sulfure de carbone n'agit donc pas comme toxique, mais comme explosif et aussi comme dissolvant du soufre et producteur d'acide sulfureux.

M. Capanema a vérifié d'ailleurs que le sulfure de carbone versé dans la fourmilière et non enflammé a pour effet d'engourdir les fourmis pendant un certain temps, mais non de les tuer.

Avec leurs puissantes mandibules, les fourmis sauvas découpent prestement dans les feuilles de cannes, de manioc, etc., des disques d'un centimètre de diamètre qu'elles emportent au fond de leurs demeures. En vingt-quatre heures les végétaux sont complètement dépouillés par une colonie un peu nombreuse. M. Capanema, qui a

longuement étudié les sauvas, assure que ces animaux se nourrissent, non pas des feuilles elles-mêmes, mais bien des moisissures spéciales qui se développent sur les feuilles à la chaleur humide de leurs habitations.

Avant la découverte du *formicide Capanema*, pour combattre les invasions de fourmis les nègres couraient au plus vite chercher dans la forêt des charges de feuillages agréables aux fourmis. Celles-ci les attaquaient aussitôt et respectaient (à peu près) les plantations. Comme application de ce procédé, que pourrions-nous bien offrir au terrible phylloxera pour le décider à quitter la vigne?

D'autres fourmis, notamment la fourmi blanche de l'Inde et des Antilles, ravagent aussi les champs de cannes, mais elles sont moins redoutables que les sauvas.

Les rats causent aussi de grands dommages sur certains points, en rongeant les cannes par le pied. Toute canne ainsi attaquée fermente et serait très nuisible à la fabrication.

On détruit les rats, les serpents, et autres animaux nuisibles en disposant les coupeurs de cannes en cordon, tout autour du champ. Ils vont en se rapprochant du centre et tous les animaux, fuyant devant eux, finissent par se réfugier dans le *bouquet* de cannes qu'on réserve au milieu de la pièce. On entoure le bouquet d'un cordon de broussailles sèches auxquelles on met le feu : tout brûle alors, y compris rats et serpents. Armés de longs bâtons, les nègres exécutent autour du feu une ronde de caractère, avec accompagnement obligé de tambour de basque, tout en frappant les ennemis qui tenteraient d'échapper au bûcher.

VI. Engrais.

D'après la composition des cendres, c'est surtout la chaux, ainsi que l'acide phosphorique et la potasse, qui sont les éléments minéraux les plus nécessaires à la canne à sucre.

Les engrais azotés activent beaucoup la végétation. Employés en excès, ils *poussent trop à la feuille* et les cannes donnent de grandes quantités de jus; mais ce jus est très peu sucré.

Dans les cultures extensives, la canne trouve à peu près ce qu'il lui faut, dans des terres presque vierges. Mais la canne est très épuisante et réclame impérieusement de larges fumures, aussitôt qu'on veut la garder à la même place et augmenter le rendement.

La *bagasse* (canne pressée) devrait toujours être enfouie dans les champs. Au contraire, elle est constamment brûlée, faute d'autres combustibles, ou plutôt par suite du gaspillage de combustibles qui se fait dans tous les pays sans industrie.

En somme, il n'y a que l'homme très civilisé qui sache ménager le combustible. Trois cents kilogrammes de bagasses peuvent remplacer cent kilogrammes de houille. Sortant du moulin, la bagasse entre tout droit sous les chaudières : c'est bien plus tôt fait que d'envoyer chercher du bois à la forêt voisine !

Le fumier n'étant produit qu'en très faible quantité dans les pays tropicaux, où l'élevage et l'entretien du bétail sont fort mal compris, il est nécessaire de recourir aux engrais dits *commerciaux*.

Ceux qui semblent réussir le mieux sont les superphosphates, le sang desséché et les nitrates, ces derniers employés avec discrétion.

Sans recourir aux apports étrangers, il serait facile de recueillir dans le pays d'énormes quantités de matières propres à fabriquer des engrais.

Outre l'engrais humain, dont on ne tire aucun parti, citons seulement les millions de kilogrammes de poisson que fournirait à peu de frais le bassin de l'Amazone. Citons aussi les os du Rio-Grande et de la Plata qu'on emploie comme matériaux pour construire des cabanes ou comme combustible ; dans ce cas les cendres sont vendues aux Anglais, qui en fabriquent des superphosphates.

De longues années s'écouleront sans doute encore avant que nos plus jeunes frères en civilisation comprennent l'importance de la production des engrais *sur place ;* car il faut bien avouer que, sur plus d'un point, nous sommes encore fort arriérés nous-mêmes.

VII. Industrie sucrière au Brésil. — Distilleries.

Dans presque toute l'étendue du Brésil, la canne à sucre prospère admirablement. Elle se propage même à l'état sauvage (ou demi-sauvage) dans l'intérieur de la province de Matto-Grosso, sur les bords des principaux cours d'eau. En certains endroits, on a coupé 40 récoltes de cannes sur le même terrain sans observer de diminution. Mais ce sont de très rares exceptions.

La canne n'est guère cultivée en grand que dans les plaines assez

voisines de la mer (province de Pernambuco, Bahia, Rio-de-Janeiro). Jusque dans le sud de l'empire (province de Sainte-Catherine) la canne peut être cultivée avec avantage; elle est beaucoup moins riche en sucre que dans le nord; toutefois, elle alimente la consommation locale de sucre et d'alcool.

Une grande partie des cannes cultivées au Brésil est transformée en alcool. On exprime le jus, on le fait fermenter et on distille (le plus souvent dans des appareils primitifs). On produit ainsi un alcool d'un goût particulier, la *cachaça*, que les nègres apprécient tout spécialement. Il en est de même d'ailleurs pour toute la population ouvrière, qui s'habitue promptement au goût de la cachaça, comme on s'accoutume au goût de l'eau-de-vie de marc en Bourgogne.

Au lieu d'opérer seulement sur le jus de canne, il serait bien plus avantageux de soumettre la canne aux mêmes traitements que la betterave dans nos distilleries. Mais les distillateurs brésiliens sont encore loin de ces procédés perfectionnés. Quelques-uns des plus avancés emploient des appareils Savalle, dans les grandes villes, pour rectifier les cachaças provenant des campagnes.

On confond d'ailleurs généralement sous ce nom de cachaça le produit de la fermentation du jus de cannes et celui de la fermentation des mélasses, qui pourrait donner d'excellent rhum si l'on savait en tirer parti.

Les cachaças rectifiées à la manière du pays conservent encore le goût de canne; elles prennent alors le nom de *parati*. C'est un alcool de force variable, atteignant quelquefois celle du *trois-six* ordinaire.

Le rhum consommé au Brésil vient des Antilles, après avoir passé par l'Europe.

La plupart des sucreries du Brésil sont installées d'une façon assez primitive. En beaucoup d'endroits, la canne est cultivée à la main; les tiges sont écrasées entre les vieux cylindres verticaux armés de lames métalliques; le vesou est traité dans la batterie formée des quatre chaudières classiques.

La canne est de si bonne qualité que les sucres sortant de ces cuisines primitives sont d'excellent goût. On les raffine à Rio, à Bahia, dans des *usines* plus simples encore que les sucreries elles-mêmes. Les confiseurs sont en même temps raffineurs de sucre; et souvent même le raffinage se fait dans les cuisines, par

les mains des négresses, avant de procéder à la confection des innombrables confitures en usage dans le pays.

Il faut savoir, d'ailleurs, que le sucre en pains n'existe pas au Brésil; le sucre raffiné est toujours en petits cristaux plus ou moins jaunes, souvent même tout à fait blancs. De même qu'au Brésil, la consommation du sucre en petits cristaux est admise en Angleterre. En France, nous ne pouvons renoncer à la garantie que donne le sucre en pains ou en morceaux contre les falsifications auxquelles se livreraient nos détaillants trop ingénieux. A l'abri de lois trop indulgentes, ces flibustiers patentés nous feraient avaler, au lieu de sucre, de l'eau, du plâtre et du sulfate de baryte.

Depuis une vingtaine d'années, on a fait de grandes dépenses et des efforts sérieux pour organiser au Brésil de grandes usines centrales, comme en Égypte, aux Antilles et spécialement à Cuba. Comme il arrive trop souvent au Brésil, des capitaux immenses ont été prodigués sans autre résultat que la ruine des propriétaires, qui manquaient absolument des qualités indispensables pour organiser et faire prospérer de grandes industries.

Il faut reconnaître cependant que de grands progrès ont été réalisés dans ces dernières années. Plusieurs grandes usines ont été parfaitement installées par la Société Fives-Lille dans les meilleures conditions. Le sucre est de très belle qualité, le rendement est très satisfaisant, et l'avenir de ces usines est réellement fort beau, si les organisateurs savent persévérer.

Nous décrirons tout spécialement la grande usine centrale de Quissaman, fondée par la famille Araruama, l'une des plus importantes et des plus honorables de l'aristocratie brésilienne. L'inauguration de cette importante création a eu lieu en septembre 1877. D'autres usines ont été fondées presque en même temps, notamment à Campos (sucreries Cordeiro, Barcellos). D'autres enfin sont en construction dans la province de Bahia. Mais celle de Quissaman, étant de beaucoup la plus importante, demande une description sommaire, suffisante pour donner une idée de ce que l'on peut faire au Brésil.

VIII. Usine centrale de Quissaman.

Les domaines de la famille Araruama, composée d'une centaine de personnes, sont répartis entre huit *fazendas* principales, éloi-

gnées de plusieurs kilomètres l'une de l'autre. La fazenda comprend l'habitation du maître (un vrai palais, où l'on donne magnifiquement l'hospitalité), plus les bâtiments d'exploitation, logements des nègres, etc.

Ces domaines occupent d'immenses plaines situées au bord de la mer entre Macahé et Campos (province de Rio). La surface totale des huit fazendas est à peu près celle de la moitié d'un de nos départements.

La plaine de Quissaman est occupée en partie par des marécages tourbeux traversés par un canal ou plutôt par un *chenal* ouvert à grands frais entre Macahé et Campos. Comme on le voit, plus d'une fois au Brésil pour les travaux d'utilité publique, ce canal, à peine terminé, n'ayant pas donné ce qu'on en espérait comme trafic, on l'a abandonné ; de sorte qu'il est à peine navigable actuellement.

Un chemin de fer qui part du port maritime d'Imbetiba et va jusqu'à Campos suffit très bien au trafic de toute cette partie de la province. D'Imbetiba à Rio le trajet se fait en douze heures par un service régulier de bateaux à vapeur.

Malgré les marécages, le séjour de Quissaman n'est pas trop malsain. Sur ces terres chaudes, mais constamment balayées par les vents de mer, la population européenne, les ingénieurs et les ouvriers de la Société Fives-Lille ont généralement échappé à la fièvre. Les gens de toute couleur, depuis longtemps acclimatés, sont beaucoup mieux portants que les habitants de notre Sologne.

L'eau que l'on boit à Quissaman est parfaitement claire, mais de couleur ambrée ; elle n'est point malsaine. Je me suis assuré que cette coloration est due à une matière ulmique qui n'est pas absorbée par le noir animal ; mais l'eau agitée avec du sulfate d'alumine tribasique (insoluble) se décolore complètement sans prendre aucune saveur désagréable. Habituée d'ailleurs à la coloration jaunâtre de l'eau, la population n'attache aucune importance à cette purification.

Soumise à l'analyse, la tourbe extraite des marais de Quissaman m'a donné 50 p. 100 de cendres, c'est donc un combustible de très faible valeur.

Sur les huit fazendas composant le domaine des Araruama, six possédaient des sucreries bien établies, avec des moulins assez

énergiques, de bons appareils d'évaporation et même quelques turbines.

Toutes ces sucreries ont été abandonnées pour construire au centre de toutes les plantations une usine colossale qui a coûté 1500000 francs. Elle est reliée à la station du chemin de fer de Macahé à Campos, ainsi qu'à chacune des fazendas, par plusieurs lignes ferrées de 40 kilomètres de développement. Ce réseau a coûté le même prix que l'usine : total, trois millions.

Les cannes sont amenées directement par voie ferrée jusqu'au moulin, composé de deux trains de laminoirs qui peuvent écraser cinq cent mille kilogrammes de cannes en vingt-quatre heures de travail.

Le vesou est envoyé par des pompes dans les chaudières à déféquer; après filtration sur le noir, il arrive dans les appareils à évaporer dans le vide, dits à *triple effet;* puis dans la chaudière à cuire dans le vide, enfin dans les bacs refroidisseurs, où il cristallise.

Au bout de quelques heures, les cristaux sont *turbinés* et donnent de magnifique sucre blanc cristallisé, de premier jet. Le *second jet* est encore très beau et le troisième jet est passable.

Comme accessoires très bien disposés, il faut citer les fours à noir et l'usine à gaz qui alimente les trois cents becs destinés à l'éclairage de la sucrerie.

Chacune des principales fazendas est d'ailleurs éclairée par une usine spéciale, où l'on fabrique le gaz en distillant de la graine de ricin dans des cornues de fonte. Au Brésil, le ricin (ou palma-christi) est un arbuste de trois ou quatre mètres de haut; il se multiplie d'une façon gênante au point d'envahir les cultures. La graine de ricin n'a donc de valeur que par les frais de récolte. Elle donne un excellent gaz; mais il est clair qu'il vaudrait mieux presser la graine pour en extraire l'huile et distiller seulement les tourteaux.

A Quissaman, la canne est toujours cultivée à la charrue : c'est déjà un immense progrès. Une population d'un millier d'esclaves bien traités, assez travailleurs et de bonne volonté, suffit à cultiver les immenses champs de cannes qui alimentent l'usine centrale. Quelques cultures *vivrières* (comme on dit dans les colonies françaises) servent à nourrir en grande partie tous ces travailleurs. D'importantes pièces de maïs fournissent au bétail un complément

de nourriture, car le pâturage et la feuille de cannes ne suffiraient pas.

La grande difficulté qui attend les producteurs de sucre munis d'engins très puissants, c'est la possibilité de produire assez de cannes pour le moulin, qui dévore un million de kilogrammes de cannes en deux jours.

Les terres se fatiguent promptement à nourrir la canne : il faudrait fumer largement. A défaut d'engrais, on laisse reposer les champs et même on fait de nouveaux défrichements. Une partie du domaine est encore couverte de forêts; mais on ne peut pas tout détruire, car il faut bien garder du combustible.

Cette question du combustible n'est pas d'une médiocre importance.

Dans les petites usines la bagasse suffit pour chauffer les chaudières à feu nu. Comme elle contient encore beaucoup de sucre, cela revient à brûler une partie du sucre pour extraire l'autre. Mais la bagasse qui sort des laminoirs énergiques ne retient presque plus de sucre; elle produit peu de chaleur et ne suffit pas à alimenter les puissants générateurs des usines perfectionnées.

Il faut donc brûler du bois.

Le Brésilien le plus avancé, qui prodigue les millions pour créer des lignes ferrées et des usines pourvues des appareils les plus parfaits, est tout à fait incapable de faire exploiter des bois. Le sens de l'*aménagement*, de l'*exploitation* même, lui manque complètement. Les forêts disparaissent sans retour dans le voisinage des simples habitations; elles sont dévorées sur d'immenses surfaces par les plus misérables usines.

L'unique haut-fourneau qui existe au Brésil (celui d'Ipanema, qui appartient à l'État,) détruit chaque année des kilomètres carrés de forêts pour entretenir sa production, qu'on a heureusement réduite à la moitié, afin de diminuer les frais généraux (à l'envers de ce qui se fait en Europe).

Mais pour suppléer aux forêts détruites, la houille anglaise est toujours là, en attendant que les Brésiliens exploitent leurs gisements de houille; de sorte que les sucreries centrales ne périront point par le manque de combustible.

Ce qui menace le plus sérieusement la culture de la canne, c'est l'épuisement du sol, qui arrive toujours d'autant plus vite que la culture est plus intensive.

A Quissaman, les fumures sont très faibles, et dans la plupart des autres cultures elles sont pour ainsi dire nulles.

Le bétail est au-dessous du médiocre. Les bêtes bovines sont chétives, dévorées par les larves d'une sorte d'œstre qui s'attaque même à l'espèce humaine. Les porcs eux-mêmes sont couverts d'excroissances produites par d'autres parasites. Les mules seules s'entretiennent assez bien.

Pas de stabulation permanente, par conséquent presque pas de fumier. Les animaux errent perpétuellement dans des pâturages fort médiocres, peuplés d'herbes coriaces : aussi accourent-ils de très loin à la rencontre du chariot chargé de feuilles de cannes. Le charretier jette les feuilles sur le sol tout en faisant avancer le chariot pour éviter l'encombrement. Les plus forts se rassasient promptement, les plus faibles jeûnent sans qu'on s'en inquiète et succombent bientôt dans cette *lutte pour la vie*.

Si tel est l'état des cultures dans les fazendas les plus avancées, le lecteur européen se demande comment sont les plus arriérées ? Là, tout est abandonné à la nature : la canne se cultive à la main et les quelques animaux du fazendeiro se nourrissent au pâturage toute l'année. Quand nous disons qu'ils se *nourrissent*, cela signifie qu'il réussissent à ne pas mourir sur des pâturages qui passent pour bons (dans le pays) quand dix hectares suffisent à entretenir un bœuf dans un état de complète maigreur.

Au Brésil, comme à Cuba, où la culture de la canne devient intensive, le progrès n'est possible qu'à condition de réaliser le programme suivant :

Économiser la main-d'œuvre par l'emploi des meilleures machines agricoles.

Bien nourrir les animaux, afin d'en tirer le maximum de travail.

Produire la plus grande masse possible de fumier.

Employer toute la bagasse comme engrais complémentaire avec toutes les matières disponibles dans le pays : engrais humain, os pulvérisés, poissons, herbes marines, etc. Et surtout, mélanger toutes ces matières de manière à obtenir une sorte de compost homogène.

Enfin suppléer par des achats d'engrais commerciaux à l'insuffisance des ressources locales, au moins dans les premières années d'exploitation.

C'est ainsi que la canne pourra soutenir la lutte contre la betterave, cette courageuse rivale autrefois si dédaignée.

Parmi les cultivateurs de cannes, les plus *progressistes* cherchent à imiter autant que possible les procédés usités pour la betterave.

C'est ainsi que, dans l'Inde anglaise, MM. Minching appliquent à la canne, réduite en *cossettes*, la méthode de ***diffusion*** usitée pour la betterave. Ils ont trouvé, disent-ils, grand avantage à supprimer l'écrasement des cannes, malgré les frais d'évaporation de l'eau employée pour épuiser les cossettes.

A la Guadeloupe, on essaie à nouveau le *repressage* des cannes après qu'on les a humectées d'une petite quantité d'eau froide.

II

LE CAFÉ

I. Quantités produites et qualités.

Deux cents millions de kilogrammes, c'est-à-dire la moitié de la production annuelle du café dans tout l'univers, telle est la part du Brésil dans le commerce de ce produit devenu aussi nécessaire que les aliments à la plupart des nations civilisées.

Au total précédent il faut encore ajouter *soixante millions de kilogrammes* qui représentent la consommation de cet immense empire, douze fois grand comme la France, qui s'étend sur la quinzième partie des terres de notre globe.

De cette masse énorme de deux cent mille tonnes de café, les États-Unis absorbent la moitié et l'Europe le reste. Nos principaux ports, Marseille, le Havre, et surtout Bordeaux, importent beaucoup de cafés brésiliens.

Pendant longtemps, ces cafés étaient mal récoltés, mal préparés et souffraient beaucoup d'interminables transports à dos de mules, par bateaux et finalement par navires à voiles. Actuellement tout cela est bien amélioré. Les cafés sont, en général, récoltés et préparés avec soin, transportés rapidement par les chemins de fer qui sillonnent déjà les provinces de Rio, de Saint-Paul et même une partie de celle de Minas Geraes, ils sont enfin amenés en Europe par la navigation à vapeur en trois semaines au plus.

A l'Exposition de Paris (1867), les cafés brésiliens ont obtenu une médaille d'or; à l'Exposition de Vienne, un diplôme d'honneur. A la dernière Exposition, ils auraient mérité les plus hautes récompenses; mais le Brésil, ayant fait de colossales dépenses pour l'Exposition de Philadelphie, a refusé de prendre part à celle de Paris, afin de ne pas grever son budget. Pour les gouvernements, comme pour les particuliers, la prodigalité amène fatalement les économies forcées, mais au plus grand détriment des uns et des autres.

Suivant les qualités, les cafés brésiliens sont vendus en Europe sous les noms de Moka, Martinique, Haïti, Ceylan, Java. Le savant directeur du Conservatoire des arts et métiers, le général Morin, a fait une étude comparée des principales sortes de café, de provenances certaines, et il a constaté que les premières qualités du Brésil peuvent être assimilées aux meilleurs produits de Moka, de Martinique et de Bourbon. Demandez du café du Brésil à un marchand de cafés de Paris; il vous répondra en souriant : « Monsieur, ma maison ne vend pas des cafés aussi inférieurs, pas plus du Brésil que de Java ou de Ceylan; voyez dans des maisons de deuxième ou de troisième ordre. Ici vous ne trouverez que du Moka, du Martinique et du Bourbon. »

Le consommateur demande à être trompé, disent certains marchands. Ils ont raison, car le consommateur exige des choses impossibles : il veut qu'une faible partie de l'Arabie, plus de petites îles, produisent autant de café que le Brésil tout entier !

Le commerce du café n'est pas chose facile. Chez les marchands en gros, à Paris même, les qualités sont généralement fort mêlées. Acheter un sac de café de première qualité, conforme à un échantillon donné, est un problème difficile. Si vous réclamez, le marchand vous dira : « Je reçois des cafés de toutes provenances; les qualités varient sur une même plantation; je n'irai pas faire des frais pour classer tout cela. »

Au fond, le marchand a raison; car le grand consommateur de café brésilien, l'Américain du Nord, n'y regarde pas de si près. Le Yankee n'est pas gourmet : il achète le café *tout venant*, comme on achète la houille sur le carreau de la mine.

On sait d'ailleurs que le meilleur café n'acquiert toutes ses qualités qu'après avoir été gardé pendant trois ou quatre ans à l'abri de l'humidité et soigneusement aéré.

II. Culture des caféiers au Brésil.

La culture du café est la principale richesse du Brésil. C'est la base de l'*agriculture nationale*, disent les Brésiliens. Rien de commun d'ailleurs entre cette *agriculture* et celle des contrées civilisées de l'Europe ou celle des colonies françaises ou anglaises.

En effet, l'agriculture brésilienne est affligée d'une tache originelle dont elle se rachète lentement et difficilement : elle est imbue des traditions portugaises, ce qui est un véritable malheur.

Le Portugais, et surtout le Portugais des *îles*, est un petit cultivateur, habitué à tout faire à la main, vivant de peu, se passant de tout (à commencer par les chaussures et à finir par les chemins vicinaux) ; philosophe au fond et toujours content de la vie et surtout de lui-même.

Non seulement les Brésiliens sont d'origine portugaise, mais, encore actuellement, les Portugais (surtout les habitants des îles Açores et du Cap-Vert) émigrent en masse au Brésil, pour y travailler comme charretiers, terrassiers, cultivateurs. Ce sont les Auvergnats du Brésil. Malheureusement, ce sont des Auvergnats incomplets : pacifiques, travailleurs et sobres, sans doute, mais ne sachant aucun métier, les pratiquant tous fort médiocrement et toujours en admiration devant leur propre ouvrage. Ainsi l'ouvrier portugais qui abat un arbre le coupe à la hauteur de la ceinture ; et pour débiter les branches en bois de chauffage, il passera des journées à les déchirer avec une mauvaise hache au lieu de les scier sur un chevalet, comme font nos ouvriers dans les forêts ou bien les Auvergnats à Paris.

Si vous avez besoin d'un jardinier, ce même bûcheron si imparfait se chargera de cultiver fleurs et légumes. Mais, si le voisin demande un cuisinier, ne vous étonnez pas de voir votre Portugais abandonner vos plates-bandes pour les fourneaux d'à-côté, jusqu'à ce qu'il s'établisse comme charretier ou comme épicier au détail, voire même comme parfumeur ou dentiste, car ses économies lui permettront bientôt d'acheter un fonds.

Toute la culture des Portugais se réduit à l'emploi de l'*enxada*, sorte de pioche large ou de houe qui sert à tout. Une tranchée de chemin de fer s'attaque à l'enxada ; une planche de jardin, une

plantation de café ou de manioc se cultive à l'aide du même outil.

Au-dessous du Portugais se trouve le nègre, qui travaille un peu plus mal, attendu qu'il est le plus souvent esclave et qu'il met au travail plus de mauvaise volonté. L'esclavage est supprimé au Brésil depuis le 28 septembre 1872; *il ne naît plus d'esclaves* sur le sol brésilien et il est défendu d'en importer; mais l'esclavage existe toujours pour deux millions d'esclaves (âgés de plus de sept ans), qui sont encore achetés, revendus et même (il faut le dire) battus régulièrement, quoique moins cruellement qu'autrefois. Il y a même beaucoup de *fazendas* (plantations) où ils sont vraiment bien traités : comme nous avons des cultivateurs qui sont bons pour leurs animaux, tandis qu'il en est d'autres qui les maltraitent.

A force de méditer au coin de son feu, près de ce fameux *fleuve* de la rue du Bac, sur les bords duquel s'enracinent plus d'une fois de singulières erreurs, un économiste célèbre a découvert que les nègres seuls sont capables de travailler sous le feu du soleil dans les pays tropicaux.

La vérité, c'est que le Portugais résiste aussi bien que le nègre aux ardeurs du soleil, et qu'il en est de même de l'Indien et des métis d'Indien, de nègre et de Portugais. Il s'est fait entre ces races tous les croisements imaginables; car il faut dire, pour le plus grand éloge du pays, qu'on ne trouve pas au Brésil ces féroces antipathies de races qui existent même chez les Yankees abolitionnistes prêchant la fraternité à grand renfort de citations bibliques, et même chez les créoles de nos colonies. A Rio-de-Janeiro, un esclave, pourvu qu'il soit à peu près vêtu et chaussé, prendra place sur la banquette d'un *tramway* entre un sénateur et la femme d'un ministre; personne n'y fait attention. Quant aux nègres ou aux ouvriers marchant nu-pieds ou chargés de paquets, des voitures spéciales leur sont réservées avec cet écriteau : *Descalços*, ce qui signifie *Va-nu-pieds*.

Pour créer une plantation de café, on commence par brûler une portion de forêt. Une grande partie des forêts brésiliennes ont été sacrifiées au café, au manioc ou même à la vaine pâture. Dans le sol brûlé on plante trois grains de café pour chaque pied de caféier. La plantation est bien alignée : les caféiers sont espacés à trois mètres vingt-cinq centimètres en tous sens, de manière à donner environ mille pieds à l'hectare; mais cette règle n'est pas absolue.

Le café ne tarde pas à lever et devient en quelques mois un petit arbuste. On lui donne quelques soins pour l'empêcher d'être envahi par les plantes de toutes espèces. On devrait supprimer deux pieds sur trois et soumettre le troisième à une taille régulière : c'est ce que font les planteurs très soigneux. Mais le plus grand nombre laisse *buissonner* à leur aise les deux ou trois plants donnés par le semis.

Le caféier rapporte au bout de quatre ou cinq ans. Il n'exige d'autres soins qu'un peu de culture et de surveillance pour empêcher l'envahissement des herbes et des plantes parasites (analogues au gui).

Une grande partie des plantations de café sont situées en coteau. Aussi les régions plantées de caféiers présentent un peu l'aspect de nos vignobles au cœur de l'été; avec cette différence que la feuille du caféier est d'un vert sombre et luisante, comme celle du camellia. Les feuilles sont petites, blanches et douées d'une odeur suave, quoique très faible. Les fruits ressemblent à des cerises ou plutôt à des cornouilles.

On a la mauvaise habitude de diriger les lignes de caféiers suivant la pente des coteaux, qui est souvent très prononcée. Il en résulte que les grandes pluies entraînent la terre au fond des vallées.

Il faudrait au contraire diriger les lignes suivant les horizontales (ou *lignes de niveau*), ce qui permettrait de cultiver entre les lignes, à l'aide de la charrue ou de la houe à cheval, même sur les pentes les plus raides. Mais le Portugais n'a jamais compris la charrue; les Brésiliens les plus avancés, comme les planteurs de la province de Saint-Paul, commencent à peine à labourer quelques plaines. Quand on parle aux Brésiliens de la culture des coteaux à la charrue (chose si vulgaire dans nos pays de montagnes), ils vous regardent avec des yeux profondément étonnés : ils jugent tout de suite que vous n'avez pas l'esprit bien sain. Les plus bienveillants estiment que vous n'avez fait de la culture que dans les livres et que vous êtes un simple utopiste.

Aux semis en place on a substitué, dans beaucoup de fazendas, les semis en pépinière. On plante alors de jeunes caféiers âgés de trois ou quatre ans, élevés en pots avec des soins convenables. C'est un progrès réel qui permet de gagner beaucoup de temps.

Le *café Libéria*, dont on fait actuellement de grands éloges, est une variété spéciale de café à larges feuilles et à gros fruits. Elle a

été découverte et propagée dans la colonie de Libéria, créée par les abolitionnistes nord-américains et peuplée par eux de nègres affranchis et d'esclaves fugitifs.

La culture de cette variété paraît offrir des avantages sérieux. Les plus avancés parmi les planteurs brésiliens la propagent à grands frais. Comme il arrive, en général, pour toutes les races perfectionnées, le café Libéria dégénérera promptement, s'il ne reçoit pas une culture soignée et une fumure régulière.

Bien que le caféier soit acclimaté au Bresil, puisqu'il se reproduit spontanément de ses graines, que les oiseaux transportent de tous côtés, il faut bien se garder de croire qu'on peut l'abandonner à lui-même. En effet, on ne demande rien aux plantes sauvages, pas plus qu'aux animaux qui vivent à l'état de liberté : la vie est plus ou moins difficile pour les uns comme pour les autres ; beaucoup succombent dans la *lutte pour la vie*, et les survivants sont des sujets choisis, par *sélection naturelle*. Mais, quand vous enlevez chaque année la récolte d'un caféier, vous dérobez à la terre l'engrais naturel qui lui serait donné par les fruits tombant sur le sol. Au bout de trente ans, arbre et sol sont épuisés. Toute variété de choix est nécessairement plus exigeante que le type sauvage : plus la récolte est abondante, plus elle enlève de principes fertilisants. Il est donc probable que la variété Libéria ne durera pas trente ans, même dans un sol vierge.

Au premier rang des planteurs (ou *fazendeiros* du Brésil) figurent des hommes instruits, progressistes, disposant de grands capitaux et vraiment administrateurs. Mais de tels hommes sont rares.

Le fazendeiro du second rang est souvent un homme qui passe pour avoir de l'instruction et de l'éducation ; c'est dire qu'il a appris un peu de latin et même assez de français pour comprendre dans le texte les romans de Paul de Kock, qu'on trouve jusque dans les fazendas les plus reculées, au cœur même de l'empire. Étranger d'ailleurs à toute notion scientifique (et même à toute pratique de culture), il met toute sa confiance dans un *feitor* ou chef de culture. Le feitor est une sorte de maître Jacques portugais, qui dirige la plantation, vend, achète et vole assez régulièrement, souvent de connivence avec les esclaves, malgré les coups de fouet qu'il ne leur épargne guère.

Enfin, on pourrait ranger dans une troisième catégorie un grand nombre de petits fazendeiros, correspondant à nos petits proprié-

taires-cultivateurs, qui travaillent eux-mêmes à l'aide de quelques esclaves, sans pouvoir se donner le luxe d'un feitor.

Les planteurs les plus avancés commencent à fumer leurs caféiers. Ils font des engrais avec les déjections de leurs animaux, les résidus de café et toutes sortes de débris végétaux. Ils devraient y ajouter les déjections humaines; mais ils sont à deux mille lieues des Flamands et des Chinois, si habiles cultivateurs et si économes d'engrais. De plus, la population brésilienne, qui est d'une malpropreté à faire reculer d'horreur les romanciers naturalistes les plus décidés, ne peut entendre parler sans dégoût des engrais usités en Flandre où les soins de propreté sont excessifs.

Beaucoup de Brésiliens répètent encore : « Notre sol, d'une fertilité inouïe, n'a pas besoin d'engrais, comme celui des vieux continents. » Mais cette phrase à effet n'a plus grand crédit au Brésil; elle est démodée, comme le sont chez nous les expressions classiques du chauvinisme français.

Pour récolter le café, on devrait attendre que les fruits soient mûrs à point; ils prennent alors une couleur violet foncé au lieu d'être simplement rouges. Le café ainsi récolté donne un produit de qualité supérieure; mais le nègre ne choisit guère les fruits et cueille à peu près tout en froissant les branches une à une avec la main et faisant tomber les fruits dans son tablier ou dans un sac attaché à sa ceinture.

III. Préparation du café en grains.

Il y a deux manières de préparer le café pour en faire un *produit marchand* :

1° On laisse sécher le fruit à l'air, de façon à transformer la pulpe en une sorte de cosse dure et noirâtre : à l'aide de machines spéciales, on décortique le café pour enlever, non seulement la cosse, mais encore une sorte de *parchemin* fort dur qui recouvre chacun des deux grains de café. Pour les grains destinés aux semis on se garde d'enlever le parchemin, afin de ne pas nuire à la germination.

Les *décortiqueuses* de café ressemblent à de grands moulins à café, qu'on peut régler de façon à laisser autour de la *noix* assez d'espace vide pour que le grain de café ne soit pas brisé. Ces ma-

chines sont construites par les Américains du Nord, les Anglais et même les Portugais. L'un d'eux a baptisé une machine (supérieure à toutes les autres, bien entendu) du joli nom de *Féronia*. Comme nous lui demandions l'origine de ce nom qui, au premier aspect, rappelle la belle Féronnière plutôt que toute autre chose : « Monsieur le docteur, répliqua-t-il de l'air le plus aimable, sait bien que c'est le nom de la déesse de l'*agriculture* (?) chez les Romains ! — C'est vrai, je l'avais oublié. » En effet, le *Gradus ad Parnassum* donne une place honorable à la déesse *des bois*, Feronia, et cite Horace et Virgile :

> Ora, manusque tuâ lavimus, Feronia, lymphâ.
> ... Et viridi gaudens Feronia lucu.

On n'est pas plus classique ! Après cela, qui pourrait médire des vers latins et du *Gradus*, où l'on trouve un nom si poétique pour une machine inventée par Da Costa ou Da Silva ?

2° On fait macérer le café dans de l'eau et on enlève la pulpe en frottant avec les mains ou avec des machines nommées *dépulpeuses*. Le café sèche alors très facilement quand on l'étend sur une aire faite de terre bien battue ou mieux de ciment ; ou encore sur des toiles tendues sur des chevalets qui les élèvent au-dessus du sol.

Il semble, *à priori*, que le café lavé doit être moins parfumé que le café séché dans sa pulpe. Mais il paraît que c'est le contraire qui est vrai. Il nous a été impossible de faire la comparaison sur deux échantillons provenant de la même récolte.

Pourrait-on utiliser la pulpe de café, qui contient beaucoup de sucre et même de la *caféine* (principe actif du café) ? On pourrait la torréfier, la moudre et l'employer comme notre abominable *chicorée* ; mais, ayant fait l'expérience, nous avons trouvé que l'infusion ainsi préparée est franchement désagréable.

IV. Consommation locale.

Quant au mode d'emploi du café comme boisson, les Brésiliens sont, en général, peu difficiles. Le plus souvent, le café se vend à Rio tout brûlé et tout moulu, et s'expédie de même à la Plata et au Chili. Il n'y a guères que les Français vivant à Rio qui se donnent la peine de brûler et de moudre le café chez eux. Dans les principales rues de la capitale, on remarque souvent des enseignes

comme celle-ci : *Grande fabrique à vapeur de café moulu!* La *vapeur* se réduit d'ordinaire à un nègre qui tourne une manivelle; mais le produit est toujours le même : café beaucoup trop brûlé, grossièrement moulu et mêlé de grains de maïs torréfiés : rarement toutefois, car sous ce climat énervant les falsificateurs manquent de courage et d'ingéniosité.

La *cafetière brésilienne* consiste en un petit support de bois auquel on suspend un sac de flanelle rempli de café moulu. On l'arrose d'eau bouillante et on recueille l'infusion dans une pièce d'argenterie si l'on opère dans une grande maison, dans une écuelle de terre ou une calebasse, s'il s'agit d'un pauvre ménage.

Impossible d'imaginer une préparation plus simple, à moins d'avaler les grains de café à l'état naturel.

Les Brésiliens reconnaissent volontiers la supériorité du café préparé à notre manière : mais toutes les préparations culinaires étant abandonnées aux nègres et négresses, on ne fait pas exception pour le café.

Dans les premiers cafés de Rio, une tasse de café se vend *trois sous* y compris le sucre (c'est du sucre blanc en très petits cristaux, de première qualité). On ne donne jamais de *pourboire*, et le garçon vous rend votre monnaie enveloppée dans du papier blanc, la main d'un homme élégant ne devant point toucher de monnaie de cuivre.

Si nous ajoutons au café la viande, le tapioca, le tabac, l'eau-de-vie, nous aurons la liste à peu près complète des produits de consommation courante dont le prix est moins élevé au Brésil qu'en France. Quelques matières alimentaires sont au même prix qu'en Europe : telles sont la volaille et le poisson; mais toutes les autres sont beaucoup plus chères, à commencer par le pain qui vaut le double et plus que le double, car il est toujours vendu comme pain de *fantaisie*, avec tolérance illimitée pour le poids.

V. Comptes de culture.

Que gagne le planteur de café? Il est fort difficile de le savoir, vu l'absence de comptes réguliers chez la plupart des producteurs.

Au débit d'un compte de culture quelconque, nous faisons toujours figurer l'intérêt du capital consacré à l'achat du terrain (ou le loyer,

s'il s'agit d'un fermage), plus la main-d'œuvre, plus les frais généraux.

Le plus souvent, le planteur brésilien ne compte pas le prix du terrain, qu'il possède de père en fils et qu'il regarde comme *amorti*, dit-il, *par les récoltes antérieures.* — Cependant, si vous vendez votre *fazenda*, elle représentera une somme de... ? — Sans doute, mais je ne *veux* pas vendre. La vérité, c'est que le plus souvent il ne trouverait pas amateur ; même quand la fazenda n'est pas hypothéquée, elle ne représente guère de valeur que par les esclaves qu'elle porte et les animaux qu'elle nourrit. Dans l'intérieur des provinces, le sol a réellement très peu de valeur.

Mais il y a plus : beaucoup de planteurs ne comptent pas l'intérêt de la valeur des esclaves, ni même la nourriture fournie par la fazenda, comme farine de manioc, haricots, viande de porc ; ils portent seulement en débit les achats de *carne secca* (viande séchée au soleil), de vêtements pour les esclaves, de fers de mules, de toile pour sacs de café, etc.

Au lieu de ces comptes fantaisistes, la plupart des petits producteurs n'en font pas du tout. Néanmoins, ils arrivent à vivre et même à gagner de l'argent ; car ils se nourrissent sur leurs terres, ainsi que leurs esclaves, et la vente du café paye tous les frais extraordinaires.

Mais lorsqu'un homme entreprenant, Portugais ou Brésilien, achète des esclaves et veut se faire planteur de café, le plus souvent il court à sa ruine. La première déconvenue qui l'attend, c'est la fuite des esclaves, qui ne sont pas *dans la main* du fazendeiro novice et décampent par une belle nuit pour aller fonder un *quilombo* dans la forêt vierge ; ces quilombos sont des villages créés par les nègres fugitifs : de loin en loin, la police découvre une de ces colonies (sur cent, peut-être) et rend les *colons* à leurs propriétaires désolés, qui leur tiennent en réserve, non pas le veau gras traditionnel, mais de larges distributions de coups de fouet.

Si tel est bien souvent le sort des planteurs du pays, que peut espérer le colon étranger ? Assurément rien, et l'expérience en a été faite plus d'une fois. C'était facile à prévoir, car l'étranger est nécessairement fort inférieur à l'homme déjà acclimaté, vivant *sur lui-même* et ne regrettant rien de la vie d'Europe qu'il ne connaît pas.

VI. Avenir de la culture du café.

Quel est l'avenir de la culture du café au Brésil? Il paraît devoir être assez laborieux, à cause de la cherté croissante de la main-d'œuvre. La suppression de l'esclavage (par voie d'extinction) a déjà déterminé une hausse considérable sur le prix des esclaves. C'est une marchandise qui devient chaque jour plus rare et par conséquent plus chère. Il ne faut guère compter sur le travail de l'esclave affranchi; en effet, il a rêvé si longtemps le repos que le premier usage qu'il fait de sa liberté, c'est de se reposer largement et indéfiniment. Il travaille juste assez pour satisfaire à ses besoins, aussi simples que peu nombreux. Le vêtement se réduit souvent à quelque chose qui a été un pantalon; la nourriture, à une poignée de haricots, de farine de manioc, un morceau de poisson salé ou de *carne secca*. Quant au *luxe*, il consiste en tabac et *cachaça* (eau-de-vie de canne à sucre); pour quelques sous, le plus ivrogne des nègres peut s'enivrer d'une façon très suffisante.

Il y a d'ailleurs une grande différence à faire entre l'esclave affranchi et le nègre libre qui vient de la côte d'Afrique pour gagner de l'argent dans les principaux ports du Brésil. Celui-là est un vigoureux travailleur qui fait le métier des forts de la halle à Paris et gagne jusqu'à quinze francs par jour. Ce n'est pas lui qui consentirait jamais à travailler le café pour un salaire médiocre.

Quelques tribus sauvages sont déjà *apprivoisées* (suivant l'expression locale) et fournissent des travailleurs pour l'exploitation des bois ou du caoutchouc, surtout dans les provinces de l'Amazone et du Para. Tous ces indigènes sont des travailleurs irréguliers, de vrais *amateurs*, qu'il est fort difficile d'assujettir au travail régulier des plantations. Les jésuites seuls ont pu dompter l'esprit d'indépendance des sauvages du Paraguay, en gagnant leur confiance à force de patience et d'adresse et les soumettant à la religion catholique avec l'obéissance passive comme règle fondamentale. Façonnée par la main des jésuites, la population du Paraguay est devenue l'instrument passif des Francia et des Lopez, obéissant toujours, jusqu'à la ruine, jusqu'à la mort. Mais on ne refait pas l'histoire : et les Brésiliens, très fiers et très jaloux de leur indépendance, ne per-

mettront jamais aux jésuites de recommencer le Paraguay chez eux, en admettant que les jésuites y fussent disposés.

Les coolies de l'Inde et de la Chine commencent à être employés sur quelques points et le seront de plus en plus par la suite, surtout les Chinois. Comme travailleur rustique, le Chinois est bien supérieur au nègre libre et, tôt ou tard, la race jaune débordera forcément sur les deux Amériques.

VII. Comparaison des cultures de Ceylan avec celles du Brésil.

Dans l'île de Ceylan, à l'aide des coolies hindous, les Anglais produisent déjà cinquante millions de kilogrammes de café par an. Mais combien de planteurs brésiliens pourrait-on comparer aux planteurs anglais ? Habiles administrateurs, faisant usage des moyens mécaniques les plus perfectionnés, employant largement les engrais, pratiquant à la fois le drainage et l'irrigation, soumettant les caféiers à la taille et au pincement comme les pêchers à Montreuil, tels sont, pour la plupart, les planteurs de Ceylan.

L'analyse a prouvé, depuis longtemps, que les cendres de café sont riches en acide phosphorique et en potasse. Aussi les planteurs de Ceylan ont reconnu que les meilleurs engrais pour le café sont les os broyés, les phosphates et les superphosphates, auxquels ils ajoutent des sels de potasse de Stassfurt, etc. Mais, outre ces engrais commerciaux, ils emploient le fumier produit par leurs animaux, la pulpe de café et même les rameaux de caféiers retranchés par la taille ; enfin une sorte d'engrais vert fourni par le pays ; c'est une espèce de graminée désignée sous le nom de *maunan*. Toutes ces matières fertilisantes sont enfouies dans des tranchées creusées au pied des caféiers.

Soumis à une surveillance très exacte, les coolies travaillent *à la tâche* et gagnent en moyenne un schelling par jour, en plus de la nourriture. Afin d'épargner les frais de transport de la récolte, les Anglais ont aménagé les eaux dans de petits canaux à pente assez rapide ; les charges de café sont versées dans ces canaux, et le courant les entraîne jusqu'à la *dépulpeuse*, située dans la partie la plus basse de la plantation.

On peut juger, par ce simple détail, du degré d'avancement de la culture à Ceylan. Aussi le gouvernement brésilien a sagement agi en

faisant traduire en portugais un *Traité de la culture du café à Ceylan*, pour servir à l'instruction de l'immense majorité des fazendeiros.

VIII. Consommation et utilité du café.

La production des cafés, en général, présente pour nous un intérêt de premier ordre. En effet, la consommation du café s'accroît chez nous de plus en plus et grandira bien plus vite quand on pourra réduire les droits à l'entrée. Par suite, la consommation du sucre augmentera dans une forte proportion, pour le plus grand avantage de notre population agricole dans les départements producteurs de sucre.

L'introduction du café dans le régime du soldat, de l'ouvrier, du paysan, produit d'excellents effets que personne ne conteste plus; et chacun doit souhaiter de voir s'étendre l'usage de cette boisson, de manière à restreindre les redoutables conquêtes de l'alcool.

Si le café n'est pas un aliment proprement dit, c'est un digestif et un excitant qui aide le travailleur à supporter une alimentation médiocre ou insuffisante; il *prolonge* en quelque sorte l'effet de la nourriture et c'est avec raison qu'on a dit que le café empêche l'ouvrier *de se dénourrir*. C'est pour ce motif que le mineur belge ne peut se passer de café.

La consommation du café dans les pays chauds est immense. Au Brésil, on l'estime à soixante millions de kilogrammes (en plus de deux cent mille tonnes exploitées). En outre, on consomme beaucoup de *maté* ou *thé du Paraguay* dans le sud, et une certaine quantité de *guarana* dans le nord de l'Empire. Il faut remarquer que le maté (feuille d'une espèce de houx, *Ilex paraguayensis*) renferme beaucoup de caféine, et qu'il en est de même du guarana (extrait solide préparé avec les fruits du *Paullinia sorbilis*).

Le thé contient aussi de la caféine (identique avec la *théine*). On est donc porté à croire que cette base est véritablement utile à l'alimentation, puisque, sous les climats les plus divers, l'homme a toujours recherché d'instinct les boissons préparées avec les plantes qui con.iennent de la caféine.

SUR LES PERTES DE MATIÈRE SÈCHE

QUE SUBISSENT LES PLANTES HERBACÉES PENDANT LA MATURATION

PAR

M. P.-P. DEHÉRAIN

Docteur ès sciences, aide naturaliste au Muséum d'Histoire naturelle.

L'étude du développement d'une plante herbacée pendant toute la durée de sa croissance est remplie d'intérêt; on peut espérer, en déterminant le poids de la plante, puis la composition à diverses époques, saisir quelques indices de cette question encore si obscure : le mode de formation des principes immédiats, et si on procède à l'analyse des diverses parties de la plante on peut suivre le transport de ces principes immédiats d'un point de la plante à l'autre.

Les études déjà publiées sur ce sujet sont assez nombreuses et elles ont conduit à un résultat très inattendu.

Il semble, en effet, qu'il en faille déduire que non seulement la maturation d'une plante herbacée est due au transport de principes immédiats d'un point de la plante à l'autre, des feuilles puis des tiges vers les graines, mais qu'en outre cette migration est accompagnée par une perte de matière sèche, portant non seulement sur des matières organiques ternaires, mais aussi sur les matières azotées et même sur les substances minérales.

On comprend que si un nombre suffisant d'observations établit la réalité du fait précédent, il présente une grande importance.

Il y aurait évidemment pour le cultivateur tout intérêt à prévenir cette perte, puisqu'elle amoindrit sa récolte, et il serait très utile de constater par une série de pesées et d'analyses si, en récoltant la plante avant complète maturité et en la soumettant à une brusque dessiccation, on n'arrête pas la combustion lente qui est peut-être la cause de cette déperdition qui semble se produire pendant les dernières semaines de la végétation.

A un autre point de vue encore, le fait annoncé doit être rigoureusement constaté.

Un grand nombre d'agronomes ont essayé d'établir une sorte de comptabilité des matières fertilisantes enlevées par les récoltes en

déterminant le poids et la composition des engrais, puis le poids et la composition des végétaux qui se sont développés sur le sol qui a reçu ces engrais; en s'appuyant sur tous ces calculs, ils classent les végétaux cultivés en plantes améliorantes et en plantes épuisantes, et cette distinction est couramment enseignée dans les cours d'agriculture.

Ici, il faut bien distinguer entre ce qui résulte des très anciennes observations des cultivateurs, qui sont presque toujours exactes, et les interprétations qu'on a données de ces observations, qui sont bien souvent fautives.

C'est ainsi que les cultivateurs et les agronomes ont reconnu depuis bien longtemps que le trèfle et en général les légumineuses laissaient le sol dans un état favorable à la culture des céréales, et cependant l'analyse de ces plantes enseigne qu'elles renferment plus d'azote, plus d'acide phosphorique et de potasse qu'une récolte de blé considérée à juste titre comme épuisante.

Ce fait bien connu devrait mettre en garde contre les calculs à l'aide desquels on prétend déterminer la richesse d'une terre en ne tenant compte que des engrais répandus et des récoltes enlevées, puisqu'il semblerait qu'on en dût déduire que toute récolte prélevant diverses matières dans le sol est épuisante, tandis que l'exemple précédent fait voir que cette doctrine est absolument inexacte.

Les études du sol du champ d'expériences de Grignon, que j'ai poursuivies avec la collaboration de MM. Nantier et Meyer, chimistes attachés à la station, ont fait voir en outre que la richesse d'un sol en azote et en acide phosphorique n'était nullement déterminée par l'abondance des engrais et par le prélèvement des récoltes. D'autres causes, infiniment plus importantes que celles qu'on est habitué à considérer, modifient profondément les résultats qu'on aurait pu tirer des calculs qui ne s'appuient que sur la composition et l'abondance des engrais et des récoltes.

L'apport d'azote de l'air atmosphérique, les pertes par les eaux de drainage, par l'entraînement dans le sous-sol des principes devenus solubles, ont une influence capitale, ainsi qu'on a pu le voir par les mémoires que nous avons publiés sur ce sujet.

Aux causes perturbatrices que nous venons de signaler, s'en joindrait encore une autre; si, comme l'affirment quelques observateurs, la plante perd pendant les dernières semaines de sa vie une fraction importante de l'azote, de l'acide phosphorique, de la potasse qu'elle

renfermait au moment de la floraison, il est clair que lorsqu'on calcule ce qu'elle renferme quand on la récolte pour en déduire ce qu'elle a enlevé au sol, on commet une erreur en moins, d'autant plus forte que les pertes qui auront eu lieu pendant les dernières semaines auront été plus considérables.

La question que nous voulons étudier présente donc un véritable intérêt. Nous avons déjà donné dans ce recueil les résultats auxquels nous ont conduit les observations que nous avons recueillies sur le développement de l'avoine[1]. Nous continuons cette année nos pesées et nos analyses en les étendant à un certain nombre de plantes herbacées d'une rapide évolution; mais la question toutefois ne peut être élucidée qu'à l'aide d'un grand nombre d'observations, et avant de publier les nombres que nous fourniront les études de 1879, nous voulons résumer ici les résultats qui sont arrivés à notre connaissance.

§ 1. — Développement successif de la matière végétale. Travail de M. Boussingault.

M. Boussingault donne dans son *Économie rurale*[2] une étude sur le développement du blé, que nous reproduirons ici; elle ne permet pas de résoudre le problème dont nous cherchons la solution, mais elle fournit des renseignements précis, utiles à comparer avec ceux qu'ont publiés d'autres observateurs.

« Le 19 mai 1844, j'ai choisi dans un champ de froment une place où la végétation me parût bien uniforme; là, j'ai arraché 450 plants, lesquels, débarrassés de la terre adhérente par un lavage et desséchés par une longue exposition à l'air, ont pesé :

Tiges et feuilles	277 gr. 4
Racines	46
	323 gr. 4

» Le 9 juin, époque à laquelle le froment entrait en fleur, j'ai pris à la même place 450 plants qui, desséchés, ont donné :

Épis en fleur	110 gr. 5
Tiges et feuilles	850
Racines	99 5
	1060 gr.

1. *Annales agronomiques*, t. III, p. 481, et t. V, p. 144.
2. T. II, p. 193.

» Le 15 août, lors de la moisson, 450 plants ont fourni :

Grain	677 gr. 1
Épis et balle	154 5
Paille	927 5
Racines	121
	1880 1

» Rapportant, pour faciliter la comparaison, l'accroissement constaté au plant moyen, on a :

Le 19 mai, plant sans fleur	0.62	1.74
Le 9 juin, plant en fleur	2.36	
Le 15 août, plant chargé de grain	4.18	1.82

» On voit que depuis la floraison jusqu'à la moisson l'accroissement de la matière sèche a eu lieu dans le rapport de 100 à 177; c'est-à-dire que dans cet intervalle le poids de la plante a presque doublé.

» L'analyse de ces récoltes successives a été faite en prenant, pour représenter chacune d'elles, des quantités proportionnelles des divers organes.

COMPOSITION DES PLANTS RÉCOLTÉS POUR 100 PARTIES.

ÉPOQUES AUXQUELLES LES PLANTS ONT ÉTÉ PRIS.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	AZOTE.	OXYGÈNE.	CENDRES.
19 mai avant la fleur	37.3	5.8	1.8	51.4	3.7
9 juin à la floraison	38.3	6.3	0.9	52.1	2.5
15 août épis en grain	37.2	6.8	0.9	51.1	4.0

» La récolte faite dans le champ où l'on avait prélevé les plants dont on vient de présenter les analyses a été pesée avec le plus grand soin. On a d'abord pris le poids des gerbes; on a fait passer à la machine à battre; puis, après avoir mesuré le grain, on a conclu, par différence, le poids de la paille et celui des balles. On a eu par hectare en ne déduisant pas la semence :

Froment, 21 hectol., 88 pesant	1685 k.
Paille et balle	2681
Racines (évaluées)	300
Poids de la récolte sur un hectare	4666 k.

» Le rapport du grain à la paille et aux balles est resté sensiblement ce qu'il était dans les 450 plants pris comme échantillons. Il y a donc lieu de présumer que le poids des plants enlevés avant la moisson, le 19 mai et le 9 juin, représente dans les mêmes limites d'erreur l'état de la culture du champ à ces deux époques. On a ainsi, pour l'accroissement successif de la matière organique sur la surface d'un hectare, les résultats consignés dans le tableau suivant :

ÉPOQUES auxquelles les plants ont été enlevés.	POIDS de la plante desséchée par hectare.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.	AZOTE.	MATIÈRES minér.
	k.	k.	k.	k.	k.	k.
19 mai 1844............	689 [1]	257	40	354.1	12.4	25.5
9 juin..................	2631	1007.7	163.1	1370.7	23.7	65.8
Accroissement du 19 mai au 9 juin	1942	750.7	123.1	1016.3	11.4	40.3
15 août, moisson	4666	1735.8	317.3	2324.3	42	186.3
Accroissement du 9 juin au 15 août...........	2035	728.1	154.2	953.6	18.3	120

1. En déduisant, pour la semence, 150 kgr. contenant : carbone 39 kgr., 5; azote 3 kgr.; cendres 3 kgr.

» On reconnaît que si, avant la floraison, du 19 mai au 9 juin, il y a eu 751 kilog. de carbone et 11^{kg}, 5 d'azote assimilés par hectare, les mêmes principes fixés dans la plante depuis l'apparition des fleurs jusqu'à la moisson ont été 728 kilog. de carbone et 18 d'azote. Sans doute, et comme on pouvait d'ailleurs le prévoir, le développement de la matière organisée, d'abord très rapide, s'est ralenti à mesure que le végétal approchait de sa perfection; mais ce développement a encore continué avec assez d'intensité pour que le poids de la récolte, à l'époque de la maturité, ait été double de ce qu'aurait pesé la plante si on l'eût coupée lors de la floraison.

» L'analyse montre, en outre, quelle a été la marche de l'assimilation des éléments constitutifs de la céréale pendant toute la durée de la culture. Ainsi, en supposant que la végétation ait continué sans interruption depuis le 1er mars jusqu'au 15 août, on trouve les nombres suivants :

ÉPOQUES DE LA VÉGÉTATION.	NOMBRE DE JOURS écoulés.	EN UN JOUR ET SUR UN HECTARE			
		MATIÈRE végétale sèche.	CARBONE.	AZOTE.	CENDRES.
		k.	k.	k.	k.
Du 1er mars au 19 mai.	79	6.82	2.75	0.12	0.28
Du 19 mai au 9 juin...	21	92.95	35.75	0.54	1.92
Du 9 juin au 15 août ..	56	36.34	13	0.32	2.16
Assim. moyenne par jour	»	28.95	10.88	0.25	1.18

» J'avais rassemblé les matériaux nécessaires pour exécuter un travail du même genre sur une légumineuse; mais l'accroissement survenu dans le poids de la matière végétale sèche a été tellement considérable entre la floraison et la maturation des fèves, que j'ai été dispensé d'avoir recours à l'analyse. Ces résultats établissent qu'après leur fécondation les plantes continuent à fixer les éléments du sol et de l'atmosphère. »

Il résulte des observations de M. Boussingault qu'une plante comme le blé augmente encore sensiblement de poids pendant les deux derniers mois de la végétation; mais les prises d'échantillon ayant eu lieu à des intervalles très éloignés, il est possible que l'apparition d'un maximum dans le poids de la matière sèche à la fin du mois de juin ou au commencement de juillet, ait passé inaperçu.

§ 2. — Travaux de M. Is. Pierre.

Tous les agronomes connaissent les beaux travaux publiés par M. Is. Pierre sur le développement du blé et du colza.

M. Is. Pierre a conduit ses recherches sur le blé pendant les années 1862 et 1864 avec un soin scrupuleux, il a donné la composition de chacune des parties de façon à suivre la migration des divers principes immédiats, depuis les feuilles jusqu'au grain; nous extrayons de ces nombreux tableaux les chiffres suivants, qui représentent le poids de la plante entière à diverses phases de son développement, et en outre la quantité d'azote, d'acide phosphorique,

de chaux, de potasse et de silice que renferment les plantes développées sur la surface d'un hectare.

SUR LE DÉVELOPPEMENT DU BLÉ, D'APRÈS M. IS. PIERRE.

MATIÈRES DOSÉES.	11 MAI.	3 JUIN.	22 JUIN.	6 JUILLET.	25 JUILLET.
Récoltes entières (après dessiccation complète)	k. 1417.01	k. 3145.86	k. 5684.11	k. 6076.31	k. 6040.21
Azote total............	50.80	71.58	89.95	84.59	78.58
Acide phosphorique....	9.76	11.91	18.66	17.66	16.15
Chaux................	17.53	21.69	31.26	28.63	23.78
Potasse	22.19	23.40	27.05	27.90	23.53
Silice................	35.32	67.25	127.83	103.95	108.80

Le poids de matière sèche trouvé le 25 juillet est légèrement plus faible que celui qui a été constaté le 6 juillet, mais les différences sont trop faibles pour que M. Isidore Pierre y ait attaché grande importance; aussi ne pourrait-on pas déduire de son observation qu'il y a réellement perte de matière pendant les dernières semaines de la végétation, si on ne constatait une diminution très sensible dans toutes les matières dosées, ce qui indique que la composition centésimale du blé a beaucoup changé et qu'il s'est notablement appauvri en azote, en acide phosphorique, en chaux, en potasse et en silice.

La perte en azote est considérable : cet élément tombe de 89gr,95 contenus dans la récolte le 22 juin, à 84gr,59 le 6 juillet et à 78gr,58 le 25 juillet; c'est plus de 23 p. 100 de la quantité totale; la perte d'acide phosphorique est moins considérable, elle est de 2kilog. seulement, celle de la potasse est de 35 kilog. environ, enfin celle de la silice s'élève à près de 20 kilog.

On reconnaît à l'inspection de ce tableau que si M. Isidore Pierre s'était contenté, comme M. Boussingault l'avait fait vingt ans auparavant, de prendre un échantillon le 3 juin, puis à la fin de la végétation au moment de la récolte, il aurait trouvé, comme l'illustre agronome, que la récolte avait augmenté ainsi que l'azote et tous les éléments minéraux qui ont été dosés; ainsi, de ce que M. Boussin-

gault n'a pas observé de diminution de poids pendant les dernières semaines de la végétation, on ne saurait conclure que cette diminution n'a pas eu lieu. Les prises d'essai n'ont pas été assez fréquentes pour qu'elle ait pu devenir sensible.

M. Isidore Pierre avait donné, quelques années avant la publication de son beau mémoire sur le développement du blé, un travail non moins important sur la composition du colza à diverses époques de sa croissance; ce mémoire, dans lequel est établi avec une admirable netteté le phénomène de migration des principes immédiats pendant la maturation des plantes herbacées, a fait époque dans la science.

Nous lui empruntons le tableau suivant :

COMPOSITION DU COLZA A DIVERSES ÉPOQUES DE LA CROISSANCE.
(Nombres rapportés à l'hectare.)

MATIÈRES DOSÉES.	22 MARS.	2 AOUT.	6 MAI.	6 JUIN.	20 JUIN.
Matière sèche........	k. 3712	k. 4291	k. 8457	k. 9201	k. 9194
Matières minérales....	400.63	447.38	941.26	880	664
Azote................	87.84	93.22	131.40	124.19	117.11
Acide phosphorique....	38.59	44.96	83.31	71.93	83.43
Chaux................	106.90	122.69	277.17	270.34	196.12
Sels alcalins..........	170.98	182.94	292.52	242.14	238.83

La décroissance de la matière sèche dans la récolte du colza est des plus faibles, elle rentre absolument dans les incertitudes que présente ce genre d'observations; mais il n'en est plus ainsi pour la matière minérale, qui a décru sensiblement du 6 mai au 20 juin, perdant près de 300 kilog.; l'azote a acquis son maximum le 6 mai, l'acide phosphorique s'est retrouvé exactement le même le 6 mai et le 20 juin, après avoir traversé un minimum le 6 juin; la chaux éprouve une diminution très sensible pendant les dernières semaines, enfin les sels alcalins diminuent d'une façon très sensible.

Le colza nous montre donc le fait curieux d'une diminution notable de matières minérales qui n'est pas due à la diminution de la matière sèche.

Il n'est peut-être pas impossible de réussir à expliquer ce que ce résultat présente au premier abord de tout à fait singulier.

Si on examine un champ de colza au commencement du printemps, au moment où la plante a passé l'hiver sans beaucoup profiter depuis qu'elle a été repiquée, on remarque que chaque pied porte des feuilles de très grandes dimensions; quelques temps après, quand arrive la fin d'avril, le mois de mai, les grandes feuilles ont en grande partie disparu; chaque pied porte des feuilles nouvelles, mais beaucoup plus petites que les précédentes; enfin, au moment de la maturation des siliques, les plantes ne portent plus de feuilles.

C'est au reste ce qui apparaît nettement dans le tableau ci-joint, que nous extrayons encore du mémoire de M. Is. Pierre.

MATIÈRE SÈCHE PRODUITE PAR UN HECTARE.

DATES DES OBSERVATIONS.	RACINES.	TIGES EFFEUILLÉES et étêtées.	SOMMITÉS DES RAMEAUX avec fleurs ou siliques.	FEUILLES VERTES.	FEUILLES MORTES.	RÉCOLTE ENTIÈRE.
	k.	k.	k.	k.	k.	k.
22 mars....	816	943	208	1745	»	3712
2 avril.....	896	1310	323	1610	150	4291
6 mai......	1285	3861	1493	910	907	8457
6 juin	1156	3278	3887	66	814	9201
20 juin	1189	2987	5018	»	»	9194

Les deux colonnes du tableau précédent qui indiquent les poids des feuilles vertes et des feuilles mortes, font voir que ces organes disparaissent peu à peu; la perte de poids est compensée, il est vrai, par l'accroissement que présente la sommité des rameaux, et il se trouve que les poids de la récolte sèche au 6 juin et au 20 juin sont à peu près les mêmes. Mais on conçoit que les feuilles en tombant aient pu entraîner les matières animales insolubles qu'elles renferment et que le poids des cendres en réalité ait diminué; ce qui confirme cette manière de voir, c'est que la chaux, si abondante dans les vieilles feuilles, est précisément celle des matières minérales dosées qui a diminué en plus forte proportion.

En résumé, des deux mémoires si importants de M. Is. Pierre on

peut tirer cette conclusion que, pendant les dernières semaines de leur végétation, deux des plantes herbacées les plus habituellement cultivées, le blé et le colza, perdent une partie importante de l'azote qu'elles renfermaient avant la maturation des graines.

§ 3. — Travaux de l'observatoire de Montsouris.

C'est à MM. Marié-Davy et Albert Lévy qu'on doit d'avoir attiré récemment l'attention sur les deux questions que nous voulons étudier.

Dans les volumes de l'*Annuaire de l'Observatoire* de 1875 et de 1876, on trouve les résultats obtenus dans des cultures probablement très restreintes qui ont été faites dans cet établissement et des analyses auxquelles les produits récoltés ont donné lieu.

Nous avons insisté à diverses reprises sur les difficultés très grandes que présente le genre d'observations auquel on doit se livrer. Pour suivre le développement d'une plante pendant toute la durée de sa croissance, on peut peser les plantes développées sur des surfaces égales, un, deux, dix mètres carrés à tous les moments où l'on veut connaître l'état de la plante; mais on rencontre alors cette très grosse difficulté, qu'on n'est jamais certain que le nombre des pieds qui existent sur ces diverses parcelles est le même; quelque soin qu'on ait mis à semer également, à répandre l'engrais en même quantité partout, on ne peut avoir la conviction que la matière sèche a réellement diminué qu'autant qu'un grand nombre d'observations auront conduit à des résultats identiques.

On peut procéder autrement et peser des tiges à divers moments de la croissance : c'est ainsi qu'on a procédé à Montsouris en 1876, et qu'ainsi qu'il a été dit, ont procédé MM. Boussingault et Is. Pierre; les résultats obtenus paraissent mériter toute la confiance que comporte une observation de ce genre, dans laquelle on ne peut non plus être jamais certain que les divers pieds examinés présentent la même vigueur et que les différences ne sont pas dues plutôt à des circonstances particulières qu'à un phénomène réel.

Examinons d'abord les nombres fournis par l'*Annuaire* de Montsouris pour 1875. Nous trouvons que le poids de la matière sèche s'élève le 19 mai à 11290 kilog. pour un hectare de blé, puis tombe à près de moitié le 8 juin, remonte légèrement le 26 juin et

enfin n'est plus, le 8 juillet, que le tiers de ce qu'il était le 19 mai.

Je ne crois pas qu'on puisse admettre que les nombres précédents soient l'expression réelle des phénomènes; il est probable que les caisses présentaient des plantes inégalement nombreuses, inégalement vigoureuses, et qu'enfin, au moment de la dernière récolte, elles avaient été victimes de quelque accident. C'est ce que paraît démontrer le poids des cendres. Tous les auteurs qui ont donné la composition des récoltes de céréales s'accordent sur ce point que la proportion centésimale des cendres va toujours en diminuant à mesure que la plante avance en âge; nous l'avons notamment observé avec une très grande netteté, M. Nantier et moi, dans nos études sur l'avoine. Quand on arrive à la moisson, il est rare de trouver dans les plantes sèches plus de 6 à 7 p. 100 de cendres; or si nous rapportons les chiffres donnés par l'Observatoire à 100 parties de matière sèche, nous trouvons les résultats surprenants suivants :

CENDRES POUR 100 DE MATIÈRE SÈCHE.

2 mai	11.1
19 mai	8.8
8 juin	17
24 juin	16.3
8 juillet	20.8

Il y a donc certainement quelques irrégularités dans les nombres fournis par l'observatoire de Montsouris en 1875.

Les observations de 1875[1] n'ont pas porté sur l'ensemble des récoltes obtenues, et on n'a pas cherché à en déduire la composition de la récolte à l'hectare; on a simplement déterminé séparément les poids des tiges et on n'y a dosé que l'azote.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau de la page 282.

C'est le 15 juin que la matière sèche est arrivée à son maximum, toutefois on ne trouve plus à la moisson une diminution comparable à celle de l'année précédente; en effet, à la fin de la végétation, la plante pèse 86, tandis qu'au moment du maximum elle pesait 100; l'année précédente, au moment de la récolte, elle avait passé de 100 (19 mai) à 30 (8 juillet), ce qui est évidemment fortuit.

1. *Annuaire* de 1876.

	14 AVRIL.	3 MAI.	15 MAI.	31 MAI.	15 JUIN.	1er JUILLET.	15 JUILLET.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Tige complète non desséchée.......	0.69	2.39	6.34	6.27	7.03	5.43	3.44
Tige complète non desséchée.......	0.13	0.39	1.69	2.53	3.16	2.81	2.72
Tige sans épi desséchée..........	0.13	0.39	1.69	2.07	1.97	1.43	0.99
Épi desséché	»	»	»	0.45	1.18	1.39	1.73
	millig.	millig.	millig.	millig.	millig.	millig.	millig.
Azote total de la tige et de l'épi...	5.4	8.7	15.1	28.2	34.6	29.7	26.9
Azote total de la tige..........	5.4	8.7	15.1	22.7	18.3	9.9	3.7
Azote total de l'épi.	»	»	»	5.5	16.4	19.8	23.2
Azote pour 100 de la tige et de l'épi.	4.3	2.2	1.5	1.1	1.1	1.1	1.0
Azote pour 100 de la tige sans épi..	4.3	2.2	1.5	1.1	0.9	0.7	0.4
Azote pour 100 de l'épi sans tige...	»	»	»	1.2	1.4	1.4	1.3

MM. Marié-Davy et Albert Lévy ont essayé en outre d'interpréter les résultats qu'ils ont obtenus; nous discuterons plus loin les conclusions auxquelles ils arrivent.

§ 4. — Étude de la canne à sucre. Travaux de M. Rouf[1].

M. Rouf a étudié pendant la dernière saison la canne à sucre de mois en mois; ses dosages ont porté sur les cannes effeuillées et sur les feuilles; ils ont porté sur l'humidité, l'azote, les cendres, dans lesquelles il a dosé l'acide phosphorique, l'acide sulfurique, la potasse, la soude, la chaux, la magnésie et la silice.

Nous reproduisons le tableau dans lequel l'auteur a résumé ses analyses.

En examinant le tableau de M. Rouf, on reconnaît que le poids de matière sèche présente son maximum au mois de janvier, deux mois avant la récolte; le maximum du poids des cendres est au contraire au mois de décembre; l'azote combiné, qui est de 67 kilog. en janvier, tombe à 54 kilog. en mars; il y a là une déperdition certaine. Une différence aussi considérable n'est pas fortuite.

Tous les éléments des cendres vont en diminuant à partir du mois

1. *Étude analytique sur la canne à sucre*, par M. J. Rouf. La Martinique, 1879.

COMPOSITION DE LA CANNE A SUCRE A DIVERSES ÉPOQUES ET A L'HECTARE. (CANNES ET FEUILLES.)

DATE de la PRISE D'ÉCHANTILLON.	RÉCOLTE FRAICHE CANNES ET FEUILLES.	RÉCOLTE FRAICHE CANNES ET FEUILLES.	CENDRES.	AZOTE.	ACIDE PHOSPHORIQUE.	ACIDE SULFURIQUE.	POTASSE.	SOUDE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	SILICE.
	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.	kil. gr.
1877 — 14 août.......	23.600	4.564	288.475	22.606	11.612	15.803	40.269	2.498	8.007	11.690	155.947
— 14 septembre..	49.999	8.256	403.267	39.789	17.094	16.576	49.773	9.705	26.750	17.370	188.395
— 22 octobre.....	82.162	11.879	498.153	42.611	30.674	20.974	88.547	8.897	29.331	27.595	224.772
— 23 novembre..	85.240	13.561	565.315	50.329	31.119	22.431	89.267	10.925	31.838	28.771	274.965
— 20 décembre..	91.920	18.260	704.067	61.859	43.903	24.557	109.108	23.968	52.387	29.369	360.955
1878 — 26 janvier.....	85.920	20.854	645.868	67.731	41.794	21.794	80.113	15.284	65.473	37.809	328.789
— 27 février.....	73.280	18.500	523.455	61.865	41.098	16.074	69.471	9.944	37.058	28.973	260.524
— 30 mars.......	88.720	19.914	525.997	44.567	32.498	19.369	70.188	7.870	42.539	30.839	235.964

de décembre et de janvier, et cela dans une proportion notable; ainsi les faits observés par M. Is. Pierre sur le colza et le blé, par MM. Marié-Davy et Albert Lévy pour le blé, se retrouvent encore pour la canne à sucre; à la fin de sa croissance elle renferme moins de matière minérale, elle renferme moins d'azote que quelques mois auparavant, et ici le phénomène est d'autant plus curieux qu'il n'accompagne pas le transport qui a lieu au moment de la maturation des grains.

§ 5. — Discussion sur les causes auxquelles il faut attribuer la diminution de poids des récoltes pendant les dernières semaines de la végétation.

MM. Marié-Davy et A. Lévy ont discuté dans l'*Annuaire* de 1875 et de 1876 les causes auxquelles il faut attribuer les pertes de poids de la matière sèche, de la matière minérale; il semble qu'ils penchent vers l'idée d'une excrétion par les racines, excrétion qui ramènerait au sol les principes devenus inutiles à la plante.

M. Rouf, dont nous venons d'analyser l'intéressant mémoire, adopte complètement cette manière de voir : « En faisant nos études sur la canne, nous avons vu d'abord une partie des éléments accumulés dans la tige, la potasse surtout, passer dans les feuilles, et la proportion totale de ces éléments augmenter graduellement en quantité notable, tant que la plante en avait besoin pour se constituer et pour compléter toutes les transformations qui produisent le sucre. Arrivé à ce but, la potasse, qui semble être l'un des principaux véhicules *des autres éléments, est chassée en partie par excrétion*, et la quantité qui est rejetée retourne au sol, entraînant avec elle une partie des éléments qu'elle avait charriés dans toutes les parties de la plante saccharifère. » Et l'auteur ajoute en note : « La loi d'excrétion des végétaux n'est plus contestée depuis les savants travaux exécutés à l'observatoire de Montsouris par MM. Albert Lévy et Marié-Davy. »

Cette conclusion me paraît exagérée, et je ne pense pas qu'elle obtienne l'assentiment des auteurs cités, qui ont émis une hypothèse avec toutes les réserves qu'elle comporte. En effet, malgré de nombreux efforts, on n'a encore donné aucune preuve décisive que les végétaux fussent susceptibles d'excréter par leurs racines des matières minérales.

Il est incontestable que les racines émettent de l'acide carbonique: M. Sachs, M. Corenwinder l'ont observé depuis longtemps dans un travail publié dans ce recueil avec la collaboration de M. Vesque ; nous l'avons observé également ; mais jusqu'à présent nous ne connaissons aucune expérience qui démontre clairement que les racines rejettent dans le sol une partie des principes minéraux qu'elles ont absorbés d'abord.

Il y a au contraire des expériences nombreuses qui, tentées dans le but de prouver l'existence des excrétions, ont toujours été négatives: celles de Walter notamment sont restées classiques. Il faisait végéter une plante munie de plusieurs racines dans deux vases différents, de sorte que quelques-unes de ces racines plongeaient dans l'un des vases, renfermant de l'eau distillée, les autres pénétraient dans une dissolution saline. Si les racines sont des organes de sécrétion, si elles peuvent rejeter quelques-uns des principes qu'elles ont pris d'abord, il est probable que la dissolution saline absorbée par l'une des racines se répandra dans toute la plante, puis sera rejetée au dehors, et qu'on retrouvera dans l'eau pure le sel contenu dans l'autre vase ; les expériences furent faites à l'aide du sel marin, du sulfate de soude et de l'acétate de plomb, et conduisirent toujours à des résultats négatifs ; il fut facile de reconnaître le sel de plomb dans la plante et même dans les racines plongées dans l'eau pure, mais on ne put en retrouver dans cette eau.

Nous avons nous-même exécuté quelques expériences analogues : des plantes aquatiques, des lentilles d'eau (*Lemna minor*) furent placées dans des dissolutions très étendues de sulfate de cuivre, dans d'autres de sel ammoniac ; on y laissa les plantes pendant quatre ou cinq jours, puis, après les avoir bien lavées, on les remit dans l'eau distillée, qui fut examinée après quelques jours. Il fut impossible d'y découvrir la moindre trace de sel de cuivre ou de chlorure, et l'on sait cependant qu'il existe pour reconnaître ces substances des réactifs d'une admirable sensibilité.

Plus récemment, dans les nombreux essais que nous avons faits pour reconnaître si les sels de soude pouvaient être absorbés par les plantes qui n'en renferment pas d'ordinaire, nous avons essayé de reconnaître l'excrétion du sel marin et nous n'y avons jamais nettement réussi [1].

1. Les haricots dont les racines plongeaient dans une dissolution de sel marin ont pris plus d'eau que de sel. En effet, si le sel eût été pris comme l'eau, on n'aurait dû

Ainsi, aucune expérience n'a établi avec certitude que les racines pussent excréter les matières minérales contenues dans la plante, et il nous paraît impossible d'expliquer la diminution de la matière minérale par un phénomène d'excrétion.

Nous ne pensons pas davantage qu'aucun physiologiste puisse admettre, comme le discutent les auteurs de l'*Annuaire* de Montsouris, que des matières minérales soient rejetées par les feuilles avec la transpiration ; cela est d'autant plus improbable que parmi les substances dont on constate la perte se trouve la silice, qui est dans le blé à un état de combinaison tellement intime qu'elle résiste à l'action d'une lessive de soude étendue et bouillante.

Ainsi nous ne pensons pas que la perte de matière minérale puisse être expliquée par un phénomène d'excrétion, elle ne peut être expliquée davantage par une combustion lente ; il n'y a donc jusqu'à présent aucune interprétation satisfaisante du fait sur lequel MM. Marié-Davy et Albert Lévy ont attiré l'attention, fait que nous avons constaté, M. Nantier et moi, à diverses reprises.

On reconnait, en examinant, en effet, les chiffres rassemblés dans notre mémoire de 1877, que la perte constatée ne paraît pas avoir la régularité que présentent d'ordinaire les phénomènes physiologiques ; les pertes sont parfois très fortes, parfois très faibles ; c'est ce que nous avons observé particulièrement pour l'avoine ; ainsi,

trouver à la fin de l'expérience que 0gr,740 de sel marin dans les 310cc restants, tandis qu'il en reste 0gr,915, c'est-à-dire que le liquide en se concentrant de 400 à 310cc, n'a perdu que la différence entre 0gr,955 et 0gr,915, c'est-à-dire 0gr,040.

Cette observation est tout à fait d'accord avec celles qu'a faites autrefois Th. de Saussure. On se rappelle qu'ayant employé des dissolutions assez concentrées, il a trouvé dans tous ses essais que les plantes en expérience avaient pris beaucoup plus d'eau que de matière dissoute.

Mais il est un point sur lequel il convient d'insister. Le 29 juin l'analyse donne pour le sel contenu dans la dissolution 0gr,904 de sel marin et le 6 juillet 0gr,915 ; c'est-à-dire qu'on a trouvé plus dans le second essai que dans le premier, comme si les plantes avaient abandonné une partie du sel qu'elles avaient d'abord absorbé, comme s'il y avait eu un véritable phénomène d'excrétion.

Si cette observation était la seule qui nous montrât ce phénomène, nous n'oserions pas y insister ; nous croirions à une petite irrégularité d'expérience grossie par le calcul ; mais nous avons eu occasion d'observer plusieurs fois des faits analogues, soit pour le chlorure de sodium, soit pour le chlorure de potassium.

Pourrait-on tirer de ces expériences une opinion favorable à l'idée souvent émise d'une sécrétion régulière par les racines ? Nous ne le pensons pas ; en effet, nous avons indiqué qu'au moment où l'expérience précédente a été terminée, deux des haricots étaient malades, les feuilles commençaient à se flétrir, à se dessécher : de là peut-être un reflux vers le liquide des matières dissoutes.

en 1877, nous avons trouvé, M. Nantier et moi, les chiffres suivants pour la récolte d'un hectare d'avoine.

	Poids de la récolte sèche.	Matières azotées.	Cendres.
	kgr.	kgr.	kgr.
1er juin...........	1598	339.6	203.7
18 juin.............	4520	580.8	476.4
28 juin.............	7501	765.8	551.5
17 juillet...........	9953	1067	790.2
25 juillet...........	9638	981.1	781.6
6 août..............	9340	946.5	651.7

Les différences sont à coup sûr notables, les diminutions dans la matière azotée et dans les cendres sont sensibles ; mais elles ne sont pas comparables à celles de 1878, qu'on trouvera page 148 de ce volume. De 6 904 kilog. de matière sèche le 26 juillet, nous tombons à 4900 kilog. le 31 juillet; de 327 kilog. de matières azotées le 5 juillet, nous arrivons à 244k,2 le 31, et enfin, de 484 kilog. de cendres nous descendons à 334.

Les différences ici sont excessives, la perte qu'a subie le cultivateur, énorme, et il importe d'en préciser la cause.

En résumé, il semble démontré aujourd'hui que *très souvent* la maturation d'une plante herbacée est accompagnée d'une perte considérable de matière sèche, perte qui porte sur la matière azotée et sur les cendres ; mais il faut reconnaître en même temps que nous ignorons encore si cette perte est nécessaire ou bien si elle peut être évitée, que nous ignorons également à quelle cause elle doit être attribuée. De nouvelles recherches sont donc nécessaires pour éclairer un phénomène d'une importance capitale pour les cultivateurs.

TRAVAUX PUBLIÉS A L'ÉTRANGER

Extraction du sucre des melasses.

PAR H. BODENBENDER

TRADUIT DE L'ALLEMAND

Par M. S. SIMON, Ancien Directeur de la Station agronomique de Gand.

Après avoir indiqué les divers procédés proposés successivement pour extraire le sucre des mélasses, l'auteur arrive à la méthode qu'il veut faire connaître.

Procédé d'élution par l'extraction du sucre des mélasses par Scheibler, avec préparation d'un composé de mélasse et de chaux par Seyferth.

Cette méthode fut proposée en 1864 par le Dr Scheibler. Elle consiste dans la transformation de la mélasse en saccharate de chaux. Celui-ci est ensuite épuisé par l'alcool à 35°, qui élimine les sels alcalins et les alcalis combinés aux acides organiques, en laissant du sucrate de chaux presque pur. Une commission spéciale nommée par la direction de la Société des fabricants de sucre en Allemagne et chargée de l'examen de ce procédé fit un rapport favorable.

Pendant plusieurs années ce procédé ne sortit point du laboratoire où il fut l'objet d'une étude approfondie. On en parla donc fort peu, jusqu'en 1872, année où Scheibler publia un grand travail sur son procédé pour se garantir le droit de priorité. Il y dit notamment et à bon droit que la réussite de l'extraction du sucre des mélasses, git tout entière dans la formation des saccharates de chaux.

La cause des insuccès de tous les efforts tentés dans cette voie réside dans le fait que la précipitation du saccharate de chaux par l'alcool était contrariée par les matières étrangères. Que l'on employât de l'alcool concentré ou de l'alcool étendu, les résultats obtenus étaient toujours défavorables, il en résultait soit du saccharate de chaux, riche en sels et en matières organiques, soit une lessive riche en sucre.

Le Dr Scheibler reconnut que le saccharate de chaux est beaucoup moins soluble après dessiccation que fraîchement préparé. La constatation de ce fait conduisit au nouveau procédé.

Sa manière d'opérer consiste à préparer un lait de chaux épais, à y ajouter assez de mélasse pour qu'il y ait trois parties de chaux au moins par partie de sucre, et à mélanger le tout intimement.

La masse forme en peu de temps une pâte épaisse et se solidifie sans être cependant sèche lorsqu'on la coule en couches minces. Pour arriver à une dessiccation complète on doit sécher dans une étuve à 100°, ce qui demande 18 à 20 heures.

Le composé de mélasse et de chaux sec est placé dans les éluteurs et traité par de l'alcool à 35° qui, à cette concentration, possède la propriété de dissoudre tous les alcalis, sels alcalins, sels organiques de chaux et matières organiques, sans attaquer le sucrate de chaux. On renouvelle l'alcool jusqu'à épuisement complet (d'où le nom élution, éluteur, de *eluere*, épuiser). On traite le sucrate de chaux

par de la vapeur d'eau qui chasse les vapeurs d'alcool. Celles-ci sont recueillies dans les condensateurs en même temps qu'elles liquéfient le sucrate de chaux.

Les lessives que l'on obtient après la distillation donnent un excellent engrais, de grande valeur pour le cultivateur.

Le grand mérite qui revient à M. Scheibler n'est pas seulement d'avoir rendu au fabricant de sucre un important service en lui permettant d'obtenir un rendement plus élevé, mais surtout de restituer au sol les matières sans l'aide desquelles il est impossible à la betterave de former ce produit sucré que nous trouvons emmagasiné dans ses cellules[1].

Ce double mérite, qui différencie entièrement le procédé d'élution de tant d'autres, lui assure partout un accueil favorable.

Malgré la grande sensation produite par ce procédé, il devait échouer par une cause bien simple : la dessiccation du sucrate de chaux. Il fallait trop de combustible, trop de temps et trop d'argent pour cette dessiccation. Le rendement en sucre — environ 80 p. 100 du sucre de la mélasse — les lessives d'une valeur de 3 fr., tout cela ne suffisait pas pour couvrir les frais de la dessiccation.

Après deux années de travail en pratique (à Bredow, près de Stettin), après tous les efforts tentés par l'inventeur et par son fidèle collaborateur le Dr Dehn, on dut abandonner le procédé.

Il arrive souvent qu'une découverte importante, poursuivie vainement pendant des années, est subitement réalisée par l'effet d'un heureux hasard. C'est ce qui arriva ici.

Le Dr Aug. Seyferth, étudiant la question de son côté, parvint à fabriquer un composé de chaux et de mélasse sec, pulvérulent et en même temps poreux.

En traitant 100 pieds cubes de mélasse concentrée à 86° Brix et ayant 30 à 35° centigrades de température, par 25 à 30 pieds cubes de chaux vive moulue, on obtient un composé de mélasse et de chaux qui est propre à être traité par l'alcool à 35° sans dessiccation préalable. A l'exception de la préparation de ce composé, la marche du procédé Scheibler, dorénavant devenu pratique, est celle indiquée par son premier inventeur.

Dans ce qui suit, afin de rendre notre exposé plus concis, nous désignerons sous le nom de *mélassate de chaux*, le composé résul-

1. Voy. l'utilité de ce procédé pour l'agriculture à la fin de cet article.

tant du mélange de la mélasse et de la chaux vive. Le terme n'est peut-être pas scientifiquement exact, mais il exprime trop clairement et trop simplement notre pensée pour que son emploi nous soit pas pardonné.

Préparation du mélassate de chaux.

Conditions à remplir. — Les essais effectués à Wasserleben ont confirmé le fait, observé antérieurement déjà du reste, que la qualité de la chaux vive exerce la plus grande influence sur la réussite de l'opération. On a constaté qu'un calcaire qui ressemble par sa composition aux calcaires marneux n'est pas fort propre à la préparation du mélassate de chaux. Plus le calcaire est pur, plus énergiquement et plus sûrement se produit la réaction sans laquelle la méthode devient impossible.

L'expérience a démontré que l'argile que contient souvent le calcaire nuit à la bonne préparation du mélassate de chaux. On espère cependant arriver à rendre possible l'emploi de calcaires impurs par l'addition d'autres substances propres à la préparation du mélassate de chaux.

Un autre fait important est d'éviter que la chaux vive n'attire l'humidité, il convient donc de s'en servir quand elle est fraîchement préparée. Si le bâtiment qui sert à la préparation du mélassate de chaux se trouve à une forte distance du four à chaux, le transport de la chaux vive doit se faire en vase clos.

De la plus grande importance pour la réussite du procédé est la concentration et la température de la mélasse. Une concentration de la mélasse de 84° à 86° Brix et une température de 30 à 35° centigrades ont donné les résultats les plus favorables.

On cuit la mélasse dans l'appareil à cuire jusqu'à ce qu'elle ait atteint la concentration désirée. On la fait ensuite couler dans des bacs munis de malaxeurs. Ces bacs ont des doubles fonds en oile métallique afin de retenir les impuretés mécaniques. Ces vaisseaux cylindriques sont munis de thermomètres. Il convient d'en avoir trois pour assurer une bonne marche du travail. Dans ces vases la mélasse se refroidit à la température exigée. Il est bon de les munir de serpentins à réchauffer, précaution qui peut se montrer d'une grande utilité lorsque, par suite d'un arrêt dans le travail, les mélasses se sont refroidies.

Mélange de la chaux avec la mélasse. — Comme toutes les mélasses contiennent la même quantité d'eau (18 à 20 p. 100) à la même concentration de 84° Brix, il s'ensuit que la proportion de chaux et de mélasse doit rester constante. Nous avons toujours employé 25 à 30 kilog. de chaux pour 100 à 110 kilog. de mélasse.

La chaux est transformée à l'aide d'un concasseur à verre (concasseur à mâchoires), d'un moulin et d'un tamis de soie en une poudre très fine et uniforme. On mesure pour chaque opération 15 à 20 kilog. de cette poudre à l'aide d'un mesureur construit spécialement à cet effet. On la mélange ensuite avec 50 à 55 kilog. de mélasse dans un broyeur à meules verticales. Le mélange est terminé en 4 minutes environ. Par les opérations de mélange, qui se succèdent assez rapidement, il se produit un échauffement du broyeur-malaxeur; aussi doit-on travailler très vite pour empêcher que la masse ne prenne sur le broyeur. On reconnaît facilement ce moment; il faut alors refroidir le broyeur-malaxeur, avec de l'eau qui sert en même temps au nettoyage. On ferme le tiroir et l'on verse de l'eau sur le plateau pendant que l'appareil marche; celui-ci se nettoie ainsi complètement. Cette opération entraîne une perte inévitable en chaux et en mélasse, car le mélange avec l'eau ne peut servir à rien.

Réaction de la chaux sur la mélasse. — Le plus grand progrès du procédé d'élution est la préparation du mélassate de chaux d'après *Seyferth* : la chaleur qui se dégage par la combinaison de la chaux vive avec l'eau de la mélasse pour former l'hydrate de chaux transforme une partie de l'eau en vapeur qui, traversant la masse, la rend poreuse, semblable à la pierre ponce.

Tandis que le Dr Scheibler transformait la chaux en hydrate de chaux pâteux pour l'ajouter à la mélasse dans la proportion de 4 molécules de chaux pour 1 molécule de sucre, et versait ensuite le tout en couches minces sur de grandes tablettes pour obtenir une masse semblable au caoutchouc que l'on séchait ensuite par la chaleur artificielle, le Dr Seyferth se servait directement de la chaleur dégagée pendant la réaction pour sécher le mélassate de chaux.

Le procédé ne présente aucune difficulté quand on observe toutes les conditions énumérées plus haut.

Le mélange, formant une pâte tenace, est jeté dans de petits bacs en tôle que l'on a préalablement graissés à l'intérieur. Ces bacs ont $0^m,67$ de long, $0,^m50$ de large et $0,^m33$ de haut, soit une contenance

de $0^{m.c.}$,110. La réaction s'accomplit dans ces bacs, toute la masse monte et se boursoufle, on doit la percer souvent avec des spatules en fer; il arrive même qu'elle déborde, ce qu'il faut cependant éviter, parce que c'est au détriment de la porosité; les ouvriers appellent cette réaction : *fermentation*. Dans le cas où le débordement aurait souvent lieu, il faut abaisser la température du sirop. Si la chaux employée est de mauvaise qualité et contient beaucoup d'argile, il est nécessaire de réchauffer faiblement les bacs, ce que l'on obtient au moyen de tuyaux servis par les vapeurs de retour. Nous devons encore parler d'un phénomène important. Si, par imprudence, il tombe des poussières de chaux dans le mélange, il se produit un échauffement tel que la masse commence à brûler. Ne trouve-t-on pas de suite la partie atteinte, il faut enlever le bac et le vider au dehors. Le mélange brûle au contact d'un courant d'air comme un corps salpêtré, et s'enflamme même parfois complètement.

Cet inconvénient ne peut pas se présenter avec des installations telles que celles qui sont actuellement en usage. Par la réaction de la chaux sur la mélasse il se dégage, outre de l'eau, de l'ammoniaque (Amines). D'autres composés volatils d'une odeur désagréable et caractéristique n'ont pas encore été étudiés. La quantité d'eau mise en liberté est de 2,35 p. 100 du poids de la mélasse, celle de l'ammoniaque, de 0,008 p. 100. La température s'élève par réaction jusqu'à 125° centigrades. Le volume devient 2 à 3 fois plus fort que le volume initial.

Pulvérisation du mélassate de chaux.

La préparation du mélassate de chaux dont nous venons de parler, se fait au rez-de-chaussée du bâtiment destiné à l'élution. Il est prudent de laisser le mélassate de chaux à l'endroit où il a été produit jusqu'à refroidissement complet, c'est-à-dire pendant 6 à 8 heures. On est alors certain qu'il ne peut plus y avoir d'inflammation. On conduit alors les bacs au moyen d'un élévateur à l'étage supérieur, on les vide, ce qui a lieu très facilement et très complètement si l'intérieur a été bien graissé. On fend le gâteau en grands morceaux à l'aide d'une bonne hache, et on les jette dans un concasseur d'une construction particulière qui casse le mélassate en petits morceaux sans faire beaucoup de poudre.

Quoique l'alcool pénètre facilement les grands morceaux, ils ont l'inconvénient de rendre l'épuisement et le lavage plus difficiles.

La pulvérisation de la chaux, de même que celle du mélassate, produit une poussière qui irrite fortement les voies respiratoires; c'est pourquoi il est nécessaire, pour éviter cet inconvénient, d'enfermer complètement ces appareils et de les mettre en communication avec un puissant ventilateur.

Du concasseur le mélassate tombe dans des vagonets qu'on peut fermer hermétiquement et on le transporte dans les éluteurs pour être purifié.

Le lavage et l'épuisement du mélassate de chaux.

Mélange de l'alcool avec l'eau. — Les expériences ont démontré que l'alcool à 35° donne les résultats les plus favorables, c'est-à-dire qu'il y a élimination de la plus forte quantité d'impuretés avec la plus faible perte en sucre.

Comme l'alcool concentré ne peut pas séjourner dans les bâtiments (prescription des sociétés d'assurances contre l'incendie) les réservoirs sont construits de telle façon qu'un conduit, qui en part, porte à son extrémité extérieure un grand entonnoir très évasé, en zinc, sur lequel on place les tonneaux, avec l'ouverture en bas. L'air qui est chassé par l'alcool doit passer sur un filtre à coke mouillé destiné à retenir les vapeurs d'alcool. Ce même filtre reçoit également toutes les conduites d'air des condensateurs, appareils distillatoires et éluteurs. Le travail à Wasserleben a prouvé que les plus grandes pertes en alcool sont dues aux courants d'air.

Épuisement du mélassate de chaux dans les éluteurs. — On remplit les éluteurs jusqu'au bord inférieur des trous d'homme. Les éluteurs sont de grands vases cylindriques de 1m,88 de hauteur et 2m,75 de diamètre, soit 11m. c.,16. Ils peuvent contenir 4988kg.,5 de mélassate de chaux, ce qui correspond à 3675 kilog. de mélasse. On fait entrer de l'alcool à 35° de bas en haut et on l'y laisse séjourner pendant 12 heures. Par suite de la grande porosité du mélassate de chaux, il s'imbibe très vite en s'échauffant faiblement. Le trou d'homme doit être fermé quand l'alcool entre dans l'éluteur pour que l'air chargé de vapeur d'alcool puisse passer par le filtre à coke.

Toutes les matières solubles dans de l'alcool offrant le degré de force précité sont très vite dissoutes, et l'expérience a démontré que l'action dissolvante de l'alcool cesse sans que celui-ci soit complètement saturé. Ce résultat se produit au bout de 5 à 6 heures, ainsi que cela a été parfaitement établi. Si le mélassate de chaux n'était pas épuisé, la concentration de l'alcool devrait s'élever; elle augmente cependant, après 6 heures de contact de plus avec le mélassate, de 60° Tralles à 4°,75 Tralles. En contact avec de nouvelles quantités de mélassate le poids spécifique de la solution augmente fortement, c'est-à-dire qu'elle a la propriété de dissoudre de nouvelles quantités de sels.

On se sert, pour l'épuisement du mélassate de chaux, de deux batteries d'éluteurs comptant 5 ou 7 éluteurs chacune. Chaque éluteur reçoit deux fois de l'alcool à 35° et une fois de l'alcool qui a servi à un troisième lavage du mélassate de chaux. Les lessives vont à l'appareil distillatoire et sont soumises à la distillation. L'épuisement terminé, on met l'éluteur en communication avec un vase de mêmes dimensions et on fait entrer la vapeur pour dissoudre le sucrate de chaux. Quand la moitié du sucrate est dissoute, on le fait passer dans l'autre vase afin d'éviter un débordement, le sucrate de chaux ayant la propriété de mousser fortement, comme tout liquide alcalin. Les deux vases communiquent avec un condensateur et l'alcool retenu par le sucrate de chaux distille. Cette distillation est terminée au bout de 6 heures.

Le sucrate de chaux ainsi liquéfié doit passer par une espèce de broyeur (moulin à couleurs) destiné à réduire les particules solides avant de faire entrer la matière dans les monte-jus munis d'arbres malaxeurs, pour être de là envoyée aux saturateurs.

Toutes les parties solides qui n'ont pas « fermenté » (subi la réaction) restent insolubles dans l'éluteur.

Chaque éluteur produit 9m. c.,275 de sucrate liquide avec 20 p. 100 de sucre et 10,5 p. 100 de chaux, et un poids spécifique de 1,190.

La quantité totale de chaux pour chaque éluteur s'élève à 1260 kilog. qui, en employant 2 p. 100 de chaux pour la carbonatation, suffit pour 63000 kilog. de betteraves. Le quotient de pureté du jus obtenu par l'emploi du sucrate de chaux est le même qu'en employant de la chaux pure ou du lait de chaux.

La saturation.

La saturation du jus de betterave se fait très bien. Par le fait que 1/3 de la chaux se trouve en solution comme sucrate de chaux monobasique et le reste dans un état de division chimique, la saturation a lieu d'une façon plus rapide et plus énergique; toute la chaux entre en action, ce qui ne se présente pas avec de la chaux vive, ni avec le lait de chaux. Les écumes de défécation ne contiennent plus de particules d'hydrate de chaux, fait qui se présente toujours en saturant de la manière ordinaire.

Par l'emploi du procédé d'élution tout le travail de l'été cesse, car on ne fait plus de sucres de 3me jet, et seulement des sucres de 1er et 2me jet; il résulte donc de cette circonstance une grande économie.

Résumé des avantages du procédé d'élution de MM. Scheibler et Seyferth comparé à d'autres procédés. — Sa supériorité vis-à-vis des procédés qui n'en sont que des imitations imparfaites.

Le procédé d'élution offre les avantages suivants :

1° Une méthode de travail simple et d'un contrôle facile.

2° Peu de dépenses en force et en vapeur.

3° Peu de pertes en alcool.

4° Combinaison facile de ce procédé avec le travail des jus de betterave.

5° Un mode de travail permettant de traiter le maximum de mélasse, soit environ 6/100 du poids de la betterave, sans augmenter la quantité de chaux qui doit servir pour la carbonatation des jus.

6° Extraction de 85 p. 100 de sucre de la mélasse.

7° » de 75 p. 100 des sels et matières organiques de la mélasse sous forme de lessive-engrais d'une grande valeur pour l'agriculture.

Nous omettons de parler ici de plusieurs modifications qu'on prétend avoir faites au procédé Scheibler-Seyferth. Elles sont en effet de telle nature que tout fabricant de sucre ne peut manquer de reconnaître que, visant surtout à la *qualité*, elles nuisent considérablement à la *quantité* de sucre que l'on doit obtenir. Un procédé

si perfectionné et si économique que celui dont nous parlons, et qui fonctionne déjà dans 28 fabriques à sucre avec beaucoup de succès, n'a pas à se préoccuper de prétendues améliorations qui n'ont rien de fondé. La réputation de l'industrie sucrière allemande est trop grande et trop bien établie pour que l'avis de tous les hommes qui dirigent les usines travaillant d'après l'élution ne soit pas le meilleur jugement que l'on puisse opposer à quelques idées réformatrices ne s'appuyant sur rien de sérieux.

Ajoutons qu'un établissement expérimental a du reste été institué à Brunswick, en 1878, pour s'occuper des perfectionnements dont le procédé Scheibler-Seyferth pourrait être reconnu susceptible dans la suite. Toutes les modifications utiles et pratiques que l'on jugera nécessaire d'y apporter seront immédiatement communiquées aux fabricants ayant adopté le procédé.

Les quantités de chaux employées à la préparation du mélassate de chaux sont :

d'après Seyferth,	1/2 partie de chaux	pour	1 partie	de sucre
— Manoury,	4 à 6 parties	—	1	—
— Weinrich,	1	—	— 1	—

Liste des fabriques de sucre qui ont installé le procédé d'élution de Scheibler-Seyferth.

1. E. Henneberg et C° à Wasserleben, installé en 1875.
2. J. Schliephacke et C° à Minsleben » » 1877.
3. Rabbethge et Giesecke à Klein Wansleben » id.
4. Sucrerie Nordstemmer à Nordstemmer » id.
5. » Ringelheim à Ringelheim » id.
6. » Elze à Elze » id.
7. Wiersdorff, Hecker et C° à Groeningen » id.
8. Sucrerie Schladen à Schladen » id.
9. C. Weinrich à Peeck (Bohême) » id.
10. Société moravienne pour la fabrication de sucre à Bedehosh en Moravie » 1877.
11. Cary et C° à Bernburg » 1878.
12. Scholler, Peill et Brockhoff à Düren s/Rhin » id.
13. Boving, Lüttich et C° à Artern » id.
14. Bennecke, Hecker et C° à Stassfurth » id.
15. Sucrerie Coethen à Coethen » id.
16. Schoeller frères à Gr. Moehbern » id.
17. Hoch, Lüttich et Gravenhors à Allstedt » id.
18. Lindau frères et Michels à Gr. Ottersleben » id.
19 Sucrerie Thiede à Thiede » id.
20. » Rautheim à Rautheim » id.

21. Sucrerie Schude à Schude.	installé en	1878.
22. » Elsnigk à Elsnigk	»	id.
23. W. Loempke à Domersleben	»	id.
24. Sucrerie Emmerthal à Emmerthal	»	id.
25. Koppe frères à Vossberg	»	id.
26. Sucrerie Mühlberg à Mühlberg	»	id.
27. » de Mr. Hoden à Fünfhunden (Bohême)	»	id.
28. » de M. Szethafer à Kornin (Russie)	»	id.

Les fabriques 3, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 16 et 27 produisent du sucre servant directement à la consommation, les autres fabriques ne produisent que du sucre brut.

Les fabriques 3, 9, 10, 13, 14, travaillaient avant l'adoption du procédé Scheibler-Seyferth avec l'osmose.

L'agriculture et le nouveau procédé d'extraction du sucre de la mélasse.

Tous les procédés pour retirer le sucre des mélasses se préoccupaient uniquement de l'extraction du sucre, en perdant tout à fait de vue les matières précieuses que la mélasse contient à côté du sucre, matières qui sont d'une si grande valeur pour l'agriculture. Un mode de traitement des mélasses assez répandu en Belgique est l'osmose. On obtient par ce procédé, il est vrai, du sucre, mais on perd énormément de mélasse et en outre toutes les matières fertilisantes que la mélasse renferme. Ce procédé entraîne donc des pertes énormes au point de vue de l'agriculture et de l'économie politique, sans être fort rémunérateur pour le fabricant de sucre.

Le procédé d'élution, au contraire, rend à l'agriculture toutes les matières qui ont servi à accumuler dans la betterave le produit sucré que nous lui enlevons. Il ne peut manquer de se vulgariser en Belgique, comme il a été adopté par les fabricants de sucre en Allemagne.

Les mélasses qui résultent de la fabrication du sucre brut des betteraves contiennent 10 à 12 p. 100 de sels de potasse, avec 5 à 6 p. 100 de potasse pure et environ 1,9 p. 100 d'azote. Il y a donc une quantité considérable de matières nutritives des plantes qui se trouvent dans ce produit. La potasse seule est retirée et utilisée, tandis que l'azote ammoniacal et organique s'échappe par les hautes cheminées des fours à salins des distilleries de mélasse, sans pouvoir être rendu au sol d'où il vient. La quantité d'azote que l'agri-

culture perd annuellement par cette voie est immense et se chiffre par millions.

Chacun million de kilog. de mélasse rendu chez le distillateur entraîne une perte de 19 000 kilog. d'azote, représentant une valeur de 45 700 francs ; et il faut 95 000 kilog. de sulfate d'ammoniaque, ou 126 600 kilog. de salpêtre du Chili, ou 190 000 kilog. de guano à 10 p. 100 d'azote pour le remplacer.

A combien de millions de kilog. de mélasse s'élève la production des fabriques de sucre, et quelles pertes immenses ne subit pas l'agriculture par la distillation des mélasses ! L'azote des mélasses s'y trouve sous une forme des plus avantageuses, c'est-à-dire tout à fait soluble. Une partie est formée de matières albuminoïdes solubles qui se décomposent facilement et forment de l'ammoniaque; l'autre partie comprend des alcaloïdes (bétaïne et autres) qui abandonnent facilement l'azote à la plante. La potasse qui se trouve combinée à des acides organiques est sous cette forme, la plus avantageuse pour la plante. Les sels potassiques, comme les chlorures et sulfates, ne paraissent pas avoir l'effet heureux qu'on en attendait pour la culture de la betterave. Ces sels semblent devoir subir des décompositions et se transformer en sels organiques de potasse. Quoi qu'on dise, les matières organiques jouent un rôle très important dans le sol, rôle non seulement indirect, soit en donnant à la terre des propriétés physiques qu'elle n'eût pu acquérir par les façons mécaniques les plus parfaites, soit en fournissant une source constante d'acide carbonique ; mais ces matières remplissent aussi un rôle direct en participant, à notre avis, directement aux phénomènes de la nutrition des plantes. Nous en avons pour preuve la culture maraîchère : là des engrais purement minéraux ne produisent aucun ou très peu d'effet utile ; nos grands maraîchers savent fort bien que les matières organiques sont de première utilité pour leurs cultures.

100 kilog. de mélasse traités par le procédé d'élution rendent au sol sous forme d'un engrais liquide :

15,8 kilos de matières organiques solubles.
1,0 » d'azote facilement assimilable.
4,0 » de potasse combinée à des acides organiques.

Le simple raisonnement doit nous faire admettre, du reste, que l'engrais provenant de la plante même à laquelle il doit servir est

le plus avantageux pour la culture de celle-ci. Les matières fertilisantes qu'on retire des betteraves sous leur forme naturelle doivent nécessairement contribuer le plus à un bon développement de la betterave. L'industrie sucrière perfectionnée par le procédé d'élution rend au sol tous les principes à l'aide desquels le sucre a pu se former dans la betterave, matières sans lesquelles la culture de cette plante serait bientôt impossible.

Comme le sucre ne contient que du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, il n'épuise nullement le sol; toutes les matières complémentaires que nous enlevons au sol par la betterave peuvent être rendues à l'agriculture par les pulpes, par les écumes de défécation et surtout par les *lessives-engrais*.

Le cultivateur qui conduit ses betteraves à la sucrerie peut recevoir en échange de celles-ci la quantité de pulpes, d'écumes de défécation et d'engrais liquide qui est équivalente aux betteraves fournies, il n'a pas à s'inquiéter de la culture au point de vue de la restitution qu'il doit à ses terres. Il rend à sa ferme, par les déchets précités, à peu près tout ce qu'il a exporté, sous forme de betteraves à sucre, en matières nutritives des plantes, et le bilan de ses comptes de restitution se trouve parfaitement équilibré sans de grands sacrifices.

En donnant au cultivateur, en échange de chaque 1000 kilog. de betteraves fournies à la sucrerie :

200 kilos de pulpes,
60 » d'écumes de défécation,
100 » de lessive-engrais,

on importe dans son domaine :

1,70 kilos d'azote,
2,50 » de potasse,
1,12 » d'acide phosphorique.

Les 1000 kilog. de betteraves à sucre exigent pour la restitution :

1,60 kilos d'azote,
3,90 » de potasse,
0,80 » d'acide phosphorique.

Il reste donc un déficit de 1^{kg}·40 de potasse seulement, soit, pour une récolte de 30 000 kilog. de betteraves, 42 kilog. de potasse

à restituer, ce qui correspond à 80 kilog. de chlorure de potassium, quantité insignifiante.

En se vulgarisant, le nouveau procédé d'extraction du sucre des mélasses permet aux fabricants de sucre et aussi aux cultivateurs d'être rassurés sur l'avenir de l'industrie sucrière et de la culture de la betterave.

Des faits inquiétants, comme ceux qui se montrent dans la contrée de Magdebourg, où le sol est fatigué de la culture de la betterave au point de ne plus produire qu'une betterave pauvre en sucre et dégénérée, ne peuvent plus dorénavant nous alarmer. Beaucoup de sucreries dans les environs de Magdebourg ont dû cesser leur travail par suite d'une restitution incomplète faite aux terres servant à la culture des betteraves[1]. De pareils faits ne peuvent plus se présenter avec la situation que crée aujourd'hui à l'agriculture et à l'industrie sucrière le procédé d'élution.

L'exemple ci-dessus, relatif aux environs de Magdebourg, est de nature à faire réfléchir nos fabricants de sucre et surtout nos cultivateurs. La culture de la betterave est encore assez mal comprise dans certaines contrées, où la betterave succède au trèfle ou à la luzerne. Ce système permet d'obtenir un fort rendement, il est vrai ; mais celui-ci se paie excessivement cher. En effet, on fait suivre une plante à potasse à une autre, ce qui doit fortement compromettre l'équilibre entre les matières nutritives du sol. D'un autre côté, ces deux plantes sont des plantes pivotantes qui puisent une forte partie de leur nourriture dans le sous-sol et appauvrissent ainsi une couche arable que nos moyens ordinaires de labour peuvent à peine atteindre.

L'emploi du procédé d'élution permet au fabricant de sucre de faire valoir ses droits avec plus d'autorité, quand il demande que les lois naturelles de la restitution soient observées pour la culture de la betterave.

1. Nous n'avons aucune espèce de preuve que l'opinion précédente ne soit pas exacte et que la diminution de richesse des betteraves des environs de Magdebourg ne soit pas due à un épuisement du sol ; cependant il est à remarquer qu'on a souvent formulé des plaintes semblables pour notre département du Nord, et qu'en y regardant de plus près on a reconnu que, loin d'être appauvri par la culture, le sol avait été tellement enrichi d'engrais azotés, qu'il ne portait plus que des betteraves pauvres. Il serait intéressant de constater si les betteraves de Magdebourg, semblables à celles du Nord, ne sont pas pauvres tout simplement parce qu'elles se développent dans un sol trop chargé d'engrais azotés.

Nons avons démontré que le procédé d'élution rend des services directs à l'agriculture en lui fournissant un engrais précieux. Mais là n'est pas le seul avantage dont elle profite, il y en a d'autres encore qui influent beaucoup sur sa prospérité et sur la fortune du pays entier.

Quand la mélasse ne prendra plus le chemin des distilleries, il faudra que les distillateurs cherchent une autre matière première pour la fabrication des boissons alcooliques ; mais où, ailleurs que dans l'agriculture, chercheraient-ils cette matière première? — Le distillateur sera forcé de combler le vide créé par l'absence de la mélasse au moyen de grains, ou de pommes de terre, ou de tout autre produit amylacé que fournit l'agriculture. Il en résultera une hausse dans les prix de certains produits agricoles et les grains obtiendront un prix rémunérateur.

La distillation des pommes de terre prospérera de nouveau et donnera ainsi un élan à la culture de ce tubercule dans les contrées qui ne peuvent faire de la culture intensive et produire soit la betterave, soit le froment.

Ces contrées n'ont point profité directement des heureux effets exercés ailleurs sur l'agriculture par l'industrie sucrière. Elles n'ont pu, d'un autre côté, trouver de compensation dans l'extension de la culture des pommes de terre, la distillation de celles-ci n'étant guère possible concurremment avec celle des mélasses. Le nouveau procedé fera cesser cet état de choses, en favorisant l'extension de la culture des pommes de terre employées à la distillation. Cette industrie acquerra d'autant plus d'importance que le traitement des mélasses par le nouveau procédé exige l'emploi de l'alcool en assez forte proportion.

D'après les considérations dans lesquelles nous venons d'entrer, on voit que, à plusieurs égards, le nouveau procédé semble être appelé à exercer une heureuse influence sur l'agriculture en augmentant ses produits et leur valeur. D'un autre côté, la prospérité des distilleries de pommes de terre aura pour effet d'augmenter la production de la viande, en permettant d'utiliser une plus grande somme de déchets à l'engraissement.

Nous espérons que le fisc n'interviendra pas pour contrarier, par une surtaxe exagérée, le développement d'un procédé dont l'adoption permet d'obtenir d'aussi bons résultats.

Recherches physiologiques sur la germination

PAR M. DETMER [1]

Il résulte des recherches de M. Detmer que les graines peuvent condenser de la vapeur d'eau. Des graines de pois pesant 4gr,285 ont absorbé en 48 heures, à une température de 13-14°, 0gr,054 de vapeur d'eau. Il est à remarquer que cette augmentation de poids des graines ne peut pas être attribuée à une absorption d'oxygène, car les graines desséchées à l'air ne sont pas capables d'absorber de l'oxygène. En présence de la potasse qui s'empare de l'acide carbonique éventuellement formé, le volume de l'air d'un appareil dans lequel on a pris des graines desséchées ne diminue pas pendant les 48 heures que dure l'expérience.

L'augmentation de la température accroît l'énergie de l'absorption de l'eau qui, d'un autre côté, peut être ralentie par certains sels. En contact avec l'eau pure, les graines absorbent plus d'eau que quand elles sont en contact avec une solution plus ou moins concentrée de chlorure de sodium.

Quand les graines de pois ont gonflé dans une solution à 1 p. 100 de chlorure de sodium, elles germent, mais les radicelles et les tigelles se développent plus lentement que dans les graines qui ont gonflé dans de l'eau distillée pure. Dans une solution de chlorure de sodium à 2 p. 100, les graines de pois ne germent plus. M. Detmer a pu constater ce fait à plusieurs reprises, aussi bien quand il se servait du sel de cuisine ordinaire que quand il prenait du chlorure de sodium pur.

M. Wiesner a montré que les graines en contact avec l'eau développent de la chaleur même avant le dégagement d'acide carbonique. Il pense que la chaleur ainsi développée prend sa source dans une condensation de l'eau dans les graines. M. Nobbe n'admet pas cette manière de voir ; il croit plutôt que cette chaleur est déterminée par la formation de produits intermédiaires avant le dégagement d'acide carbonique. « Je crois que des phénomènes tels que les présume M. Nobbe peuvent très bien se produire lors de la germination, mais il peut y avoir certainement d'un autre côté dégagement de chaleur à la suite d'une condensation d'eau. Il faut en

1. *Forschüngen auf dem Gebiete der agriculturphys.* R. von Wolny, 1878. Bd. II. I.

effet que les effets physiques se manifestent dès que les conditions de leur production sont données. J'ai fait à ce sujet plusieurs expériences dont les résultats me paraissent démonstratifs.

J'ai installé trois cylindres destinés à recevoir : le premier 100 grammes de fécule de pomme de terre, le second 100 grammes de graines de pois réduites en poudre, le troisième 100 grammes de sable quartzifère. Après avoir déterminé la température de ces substances, on les arrose de 100 centimètres cubes d'eau.

	Température initiale de l'eau et des autres substances.	Température des mélanges.
I......	23°, 5 C.	25°, 2 C.
II.....	23°, 5	25°,
III....	23°, 5	23°,

Il y a donc une augmentation subite de la température qui nous apprend que le développement de chaleur vient d'une condensation de l'eau. Or, une telle condensation doit se produire sans doute lors de l'absorption de l'eau par les graines [1].

Quand on met à gonfler des graines de pois intactes, on peut observer deux périodes distinctes pendant le gonflement : la première, où le volume total de la graine et de l'eau augmente considérablement, la seconde où, après avoir atteint un niveau maximum, le volume décroît lentement. Il est remarquable que, pendant la première période, l'eau, en présence de quantités de graines égales, atteint le niveau le plus haut et le plus bas en des intervalles de temps égaux.

M. Nobbe a observé des phénomènes qui diffèrent de ceux que j'ai obtenus avec une autre variété de pois. Il est probable que les différentes variétés se comportent d'une manière différente en contact avec l'eau.

Ces variations sont déterminées, comme l'a montré M. V. Höhnel, par les différences anatomiques de structure de l'assise en palissade du testa.

Quand, après avoir entamé le testa des graines, on met celles-ci en contact avec l'eau, on remarque que la première période ne suit pas son cours normal en ce que le niveau de l'eau ne tarde pas à

1. P.-P. Dehérain et Ed. Landrin, *Recherches sur la germination*. (*Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XIX, 1874.) Aussitôt que l'eau qui baigne les graines rend le testa perméable, les gaz pénètrent dans les tissus et s'y condensent en développant de la chaleur.

tomber. C'est donc le testa lui-même qui détermine l'élévation du niveau de l'eau et l'augmentation du volume total des graines. Le testa, en effet, se plisse dès qu'il entre en contact avec l'eau, et sous les plis il se forme des cavités contenant de l'air raréfié par suite du décollement du testa de la partie de la graine sous-jacente.

Si les graines restent en contact avec l'eau, ces cavités s'en remplissent et le niveau de l'eau retombe en marquant la seconde période.

Les cotylédons des graines de pois contiennent des quantités abondantes de substances décomposables, et il est fort possible que les gaz qui en proviennent provoquent une distension du testa.

Enfin M. Detmer a constaté que, quand on fait germer des graines de pois placées dans les mêmes conditions, mais à des températures différentes, la perte en substance sèche qu'elles éprouvent dans le cours de la germination est d'autant plus considérable que la température est plus élevée [1].

De la composition chimique de la gomme de betterave

PAR M. N. BUNGE [2].

L'auteur confirme l'opinion de M. Borschtschoff sur la nature de la matière gommeuse observée dans le jus de la betterave par MM. Scheibler, Feltz, Borschtschoff, etc. Elle est privée d'azote et l'analyse élémentaire a donné la composition de la cellulose. L'azote et les matières phosphorées (protagone végétale de Scheiller)[3] s'y trouvent mécaniquement mélangés et peuvent être séparés par des lavages.

L'acide sulfurique étendu et bouillant transforme la gomme en un sucre. Elle se dissout facilement dans la potasse et se transforme, quand on la chauffe, avec ce réactif, au bain-marie pendant quelques jours, en dextrine [4]. L'auteur croit que la gomme se

1. MM. P.-P. Dehérain et H. Moissan ont constaté le même fait sur des végétaux complètement développés. Voy. *Recherches sur la végétation dans l'obscurité* (*Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XIX.

2. *Ueber die chemische Beschaffenheit des Rüben-Gummis.* (*Organ des Central-Vereins f. d. Rübenzucker Industrie in d. Œsterr. Ungar. Monarchie*, 1878. — *Centralblatt für agrikulturchemie*, 1879, p. 56.)

3. Voy. *Ann. agr.*, 1876, t. II, p. 475.

4. Voy. *Centralblatt*, 1878, p. 699.

produit aux dépens du sucre de canne et renvoie pour plus de détails aux travaux de M. Feltz [1] et de M. Durin [2].

DE L'EAU CONTENUE DANS LES FEUILLES ET DE L'ACTIVITÉ DE LA TRANSPIRATION DE CES ORGANES DANS LES DIFFÉRENTES PHASES DE LEUR DÉVELOPPEMENT.

PAR LE Dr FR. VON HŒHNEL.

I. — De l'eau contenue dans les feuilles à leurs divers états de développement.

On croit généralement que la quantité d'eau contenue dans les feuilles est d'autant plus faible que la feuille est plus âgée.

Cette opinion est en désaccord avec le fait constaté par les botanistes que les jeunes cellules sont complètement remplies de protoplasma, tandis que les cellules âgées ne renferment plus qu'une mince couche de plasma pariétal, tout le reste étant occupé par un liquide aqueux.

Cette considération a donné à M. von Hœhnel l'idée d'étudier sérieusement cette question, et les résultats qu'il a obtenus s'accordent très bien avec les opinions théoriques par lesquelles il s'est laissé guider.

Pour déterminer la quantité d'eau contenue dans la feuille aux différentes époques de son développement, M. von Hœhnel considère les feuilles successives d'une même plante comme les états que chacune d'elles doit successivement parcourir. Il les coupe, les pèse fraîches, les sèche au bain-marie et les pèse de nouveau. La différence de poids représente l'eau perdue.

Quand les feuilles étaient trop petites, on en a pris un certain nombre du même numéro d'ordre, sur des rameaux différents aussi semblables que possible.

Les expériences ont montré que sous le rapport de la quantité

1. Voy. Scheibler. *Ann. agr.*, loc. cit.

2. Durin. Sur la transformation du sucre cristallisable en produits cellulosiques. *Ann. agron.* 1876. t. II, p. 199. — Voy. aussi sur la cause de cette transformation. Van Tieghem, sur la gomme de sucrerie. *Ann. des sciences naturelles*, Botanique, t. VII, p. 180, 1878.

3. *Ueber den Gang des Wasserschaltes und der transpiration bei der Entwickelung, des Blattes.* (*Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik* de Wollny, t. I, 1878, p. 299-237.)

d'eau contenue dans les feuilles aux différents âges, les plantes se divisent en trois groupes :

1° Les plantes à feuilles herbacées à l'exclusion des Urticacées;

2° Les Urticacées (y compris *Ulmus*);

3° Les plantes à feuilles persistantes.

1° Dans les plantes à feuilles herbacées un premier maximum tombe sur les très jeunes feuilles, ensuite l'eau diminue jusqu'à un minimum qui coïncide généralement avec le développement moyen des feuilles, pour augmenter de nouveau, soit jusqu'au jaunissement de la feuille, soit jusqu'à un second maximum plus élevé d'où elle baisse peu à peu. Voici, par exemple, pour la *Carayana arborescens* les chiffres d'eau obtenue pour 13 feuilles successives : **79,41**; **78,93**; 79,06; 79,77; 80,07; 80,46; 80,65; 80,96; 81,22; 81,29; **82,19**; 81,25; 81,25.

2° Dans les Urticacées la quantité relative d'eau contenue dans la feuille diminue constamment et rapidement dès la première apparition de cet organe. Les plantes étudiées sont : *Morus alba*, *Celtis occidendalis*, *Ulmus campestris*, *Urtica dioïca*. Voici les chiffres obtenus pour dix feuilles successives du mûrier; **77,62**; 75,72; 73,60; 73; 72,22; 71,78; 71,70; 70,78; 70,6; 70,35.

La cause de cette particularité des Urticacées est fort obscure et probablement très-profonde.

Sans vouloir préjuger cette question, M. von Hœhnel rend attentif au développement très précoce et très fort de la paroi cellulaire, aux poils qui recouvrent les feuilles, etc.

3° Les plantes à feuilles persistantes se partagent en deux groupes. Dans les unes, les feuilles d'un nouveau rameau apparaissent, pour ainsi dire, toutes à la fois (Buis, Conifères). Quand on examine la quantité d'eau des feuilles des années consécutives on trouve qu'elles perdent leur eau avec l'âge. Quant aux autres plantes vertes, leurs feuilles peuvent, la première année, imiter en raccourci les plantes à feuilles herbacées : la quantité d'eau qu'elles renferment peut d'abord augmenter ou même présenter deux maxima (Mahonia); d'autres fois au contraire elle diminue constamment. Voici les chiffres de trois de ces espèces :

La *Verium Oleander*, où l'eau augmente d'abord pour tomber ensuite graduellement : 73,94; **75,25**; 74,99; 74,15; 73,82; 73,58; 72,82; 71,80; 71,33; 70,46. L'expérience n'a pas continué la deuxième année.

Le *Mahonia humaceana*, où il y a deux maxima la première année et où la quantité d'eau oscille la deuxième année :

Première année : 80,81 ; 78,87 80,20 ; 79,89.
Deuxième année : 64,22 ; 65,78 ; 64,91 ; 64,11 ; 64,93.
Troisième année : 64,09.

Le *Hedera helix* où l'eau diminue constamment :

Première année : 82,88 ; 80,70 ; 89,70 ; 80,28.
Deuxième année : 64,94 ; 64,07.

Il est évident que la diminution de l'eau qui a été observée la deuxième année est en rapport avec la consistance coriace que prennent ces feuilles.

II. — Des relations entre l'activité de la transpiration et l'âge des feuilles.

Les quantités d'eau transpirées par les feuilles ont été déterminées de deux manières différentes :

1. Les feuilles coupées, quand cela était possible, avec les entre-nœuds situés au dessous de l'insertion ont été fixées, à l'aide de bouchons, dans des éprouvettes pleines d'eau. Les bouchons et les sections des tiges ont été enduits de cire fondue de manière à empêcher l'évaporation directe. Au bout d'une heure on a pesé toutes les éprouvettes et on les a exposées pendant 24 heures à un endroit abrité contre les rayons solaires.

Après ce séjour dans des conditions atmosphériques identiques, on a de nouveau pesé les petis appareils et on a calculé la transpiration pour 10 heures et pour 100 centimètres carrés de surface.

Dans certains cas, l'auteur s'est même donné la peine de mesurer et de compter les stomates dans les divers états de développement des feuilles.

2. La première méthode ayant le tort d'opérer sur des feuilles coupées, M. von Hœhnel a eu recours, moins souvent, il est vrai, à un autre procédé qui consistait à enfermer chaque feuille d'une plante dans un petit bocal dans lequel un aspirateur, commun à toutes les feuilles, faisait circuler de l'air desséché ensuite dans un tube à chlorure de calcium. Le poids de l'eau existant dans l'air avant son passage sur la feuille était déterminé en même temps par une expérience à blanc.

Voici en quels termes l'auteur résume lui-même ses résultats :

« Les feuilles les plus jeunes présentent le maximum de transpi- » ration. L'activité de la transpiration diminue d'abord pour se re- » lever ensuite. Elle atteint dans la feuille complètement déve- » loppée un second maximum moins élevé que le premier et baisse » enfin peu à peu jusqu'à la fin de la végétation. »

Quand on compare, dans une feuille de même âge, la transpiration à la quantité d'eau qu'elle renferme, on voit que ces deux variables, bien qu'exprimées par des courbes semblables, diffèrent par la position des minima. Il n'y a donc pas de relation directe entre la transpiration et la quantité d'eau que l'organe renferme.

Dans la première jeunesse la cuticule, tout à fait perméable, n'oppose aucune résistance à la transpiration, mais elle s'épaissit rapidement. Si la feuille n'avait pas de stomates, la transpiration, d'abord très active, devrait donc diminuer très rapidement et s'arrêter à un certain minimum.

Mais les choses ne sont pas aussi simples. Les stomates viennent agir précisément en sens inverse de la cuticule. Tandis que la transpiration cuticulaire est très faible dans les vieilles feuilles, la transpiration stomatique augmente sans cesse et n'arrive à son maximum que dans les feuilles complètement développées. Il existe donc nécessairement un minimum au moment où la transpiration cuticulaire est relativement faible et où la transpiration stomatique n'est pas encore bien vive.

Le premier maximum correspond à la transpiration cuticulaire, le minimum réunit les deux transpirations toutes deux très faibles, le second maximum, moins élevé que le premier, correspond à la transpiration stomatique.

L'industrie sucrière aux Etats-Unis, d'après le rapport du commissaire de l'agriculture [1].

De 1860 à 1878, la consommation du sucre, aux États-Unis, a passé de 415 000 tonnes à 638 000; mais la production indigène, qui avait atteint 191 000 tonnes en 1862, est tombée, pendant la guerre de la sécession, à 5 000 tonnes en 1865, pour remonter à 77 000 en 1876.

L'importation est donc obligée de fournir une quantité énorme

1. *Report of the commissioner of agriculture for the year* 1877; Washington, 1878.

de sucre (561 000 tonnes en 1876), à laquelle vient encore s'ajouter une proportion considérable de mélasses; la production indigène n'est que de 13 p. 100 de la consommation pour le sucre et 21 p. 100 pour la mélasse.

La valeur du sucre et de la mélasse importés dépasse 400 millions de francs; Cuba et les autres possessions espagnoles fournissent aux États-Unis la plus grande part du sucre qu'ils consomment. Nos colonies françaises des Antilles y exportent cependant pour une valeur de 8 millions de francs environ.

L'administration de l'agriculture des États-Unis s'est émue de cette énorme importation, elle a recherché les moyens de développer, sur le sol si étendu de l'Union, la culture des plantes à sucre, et il nous a paru intéressant d'indiquer les résultats qu'ont déjà fournis les efforts qu'elle a tentés.

§ 1er. — Culture de la canne aux États-Unis.

Les parties du sol de la Louisiane qui sont consacrées à la culture de la canne à sucre sont situées sur les deux rives du Missisipi de l'un et de l'autre côté de la Nouvelle-Orléans. En 1873, on estimait que la surface cultivée en cannes n'excédait pas 60 000 hectares, mais elle est susceptible d'être beaucoup plus grande. Bien que la culture de la canne ne soit pas absolument circonscrite à la Louisiane, et que le Texas, la Floride et la Géorgie fournissent déjà une petite quantité de sucre à la consommation générale, c'est cependant en Louisiane qu'elle est susceptible de se développer avec le plus de facilité; malheureusement les meilleures terres sont sujettes aux inondations du Missisipi, et de grands travaux de consolidation des digues seraient nécessaires; les conditions du travail sont changées depuis la guerre, et la production, qui était arrivée à 459 000 barriques en 1861, est tombée à 10 000 en 1864 et n'est encore remontée qu'à 169 000 en 1876; cette faiblesse dans la production est due, non seulement à ce qu'une partie considérable des terres susceptibles d'être cultivées en cannes est laissée en friche, mais aussi au faible rendement des parties cultivées. On estime qu'en Louisiane on n'obtient guère plus de 1 200 à 1 800 kilog. de sucre par hectare; on réussit, à Maurice, à obtenir 2 500 kilog., et parfois 6 000 et même 7000 kilog. Mais ces récoltes abon-

dantes ne s'obtiennent que par une culture soignée et par l'emploi de méthodes perfectionnées dans l'extraction du sucre. On a constaté à Maurice, par exemple, que la canne de Java donne en moyenne 2000 kilog. de sucre à l'hectare; dans un sol vierge d'excellente qualité le produit s'élève à 5000 kilog., mais il tombe l'année suivante, et quand la culture se continue sans interruption pendant plusieurs années, elle est souvent réduite à 1000 ou 1200 kilog.; en moyenne il est cependant supérieur à celui de la Louisiane.

Il paraît vraisemblable que la faiblesse des rendements constatés en Louisiane doit être attribuée d'abord au peu de soin avec lequel est conduite la culture. La canne revient constamment sur le même sol, et celui-ci n'est pas fumé avec assez de régularité; il est possible qu'il y ait même dans ces terres d'une grande richesse épuisement des matières nécessaires à la production de la plante, mais il serait imprudent de l'affirmer avant qu'une étude attentive du sol ait été faite. Les cultivateurs sont souvent portés à attribuer à l'épuisement du sol des diminutions de récolte qui sont dues à des causes très différentes.

On trouvera, sans doute, avantageux de créer des champs d'expériences à l'aide desquels on réussira à découvrir les causes de la diminution du rendement.

Il est à remarquer, en outre, que le mode de traitement des cannes est encore très imparfait; c'est ce qui ressort nettement d'une note de M. Bringier insérée dans le rapport de 1873.

La moyenne de la récolte dans les plantations est d'environ 60000 kilog. à l'hectare, renfermant 90 p. 100 de jus ou 54000 kilog.; celui-ci contient environ 15, 3 p. 100 de sucre, ce qui donnerait 8262 kilog. de sucre à l'hectare, ou une partie de sucre pour 7,26 de cannes. S'il existait un procédé absolument parfait à l'aide duquel tout le sucre fût extrait, on obtiendrait, en tenant compte de l'eau de cristallisation, 5700 kilog. de sucre et 3800 kilog. de mélasse par hectare, tandis que les planteurs ne tirent qu'un seul kilog. de sucre et 660 grammes de mélasse de 35 à 55 kilog. de canne.

Il y a donc de grandes améliorations à faire dans le traitement des cannes; il faut s'efforcer d'épuiser la bagasse mieux qu'on ne fait d'ordinaire; il faut encore modifier le système de culture et favoriser la création de petites exploitations qui enverraient leurs cannes à des usines centrales. Si ce système pouvait s'introduire en

Louisiane comme il s'est introduit dans les colonies à sucre françaises, il est probable que la plupart des terres encore en friches seraient bientôt plantées en cannes.

Le commissaire de l'agriculture résume son intéressant mémoire par les conclusions suivantes, que nous traduisons littéralement :

1. Les États-Unis paient aux autres nations des sommes énormes pour un article de consommation qu'ils sont capables de produire sur leur propre territoire.

2. La production du sucre dans la Louisiane, le seul État qui cultive la canne sur une grande échelle, est environ de 63 p. 100 plus faible en 1876-77 qu'en 1861-1862, et, même dans les années de la production la plus abondante, une minime partie du territoire propre à la culture a été ensemencée.

3. La méthode suivie dans l'industrie sucrière est des plus arriérées; la culture est mal conduite et l'extraction du sucre de cannes très incomplète; on brûle avec la bagasse environ 40 p. 100 du sucre que renferme la canne.

4. Un meilleur système de culture, comprenant la division des terres entre un grand nombre de petits fermiers, et des procédés d'extraction perfectionnés introduits dans les usines peuvent augmenter considérablement la production.

5. L'épuisement du sol par la culture non interrompue de la canne sur les mêmes points doit être l'objet d'une sérieuse attention.

6. Il existe, en Louisiane, d'immenses étendues de terre proprés à la culture de la canne, qui peuvent être acquises à bas prix.

7. L'acquisilion de ces terres par de petits cultivateurs n'aura lieu qu'autant que la protection par les digues du Mississipi sera efficace, qu'on établira des usines centrales et de nouvelles voies de communication.

8. Une grande partie des terres d'une haute fécondité reste inculte à cause du mauvais état des digues.

§ 2. — Extraction du sucre du sorgho et du maïs.

Le climat des États-Unis ne se prête à la culture de la canne à sucre que dans les régions méridionales situées sur le golfe du Mexique; plus au nord, cette culture n'est plus possible et on a songé à extraire le sucre d'autres plantes.

Contrairement à ce qu'on avait pu croire *a priori*, les essais tentés jusqu'à présent pour introduire la culture de la betterave ont complètement échoué dans l'Illinois, le Wisconsin ou la Californie; il semble qu'on ait mieux réussi au Canada.

Le gouvernement de ce pays attache, au reste, une telle importance au développement de la culture de la betterave, qu'il a annoncé, en 1873, qu'il décernerait un prix de 25 000 francs à la première fabrique de sucre de betterave qui fonctionnerait régulièrement; en 1875, ce prix a été élevé à 35 000 francs pendant dix ans, c'est-à-dire à une somme totale de 350 000 francs.

Aux États-Unis, c'est d'une autre plante que la betterave qu'on a essayé de tirer le sucre; on a extrait pour la première fois, en 1877, dans le Minnesota, du sucre d'une variété particulière de sorgho.

Cette variété, récoltée d'abord dans le Minnesota par M. Miller, a été cultivée ensuite aux environs de Saint-Louis, puis les graines ont été renvoyées dans le Minnesota. M. Miller attribue à la station de cette plante dans le sud sa vigueur et l'abondance du sirop qu'elle fournit.

Dans le Minnesota, on recherche, pour cette culture, des terres récemment défrichées; le fumier de ferme exerce une action fâcheuse sur la production du sucre. Les semailles ont lieu le 15 mai, en ligne; on tient le sol bien meuble et on sarcle pour que les mauvaises herbes ne nuisent pas à la croissance de la jeune plante.

M. Miller estime que le sorgho ne doit être coupé que lorsqu'il est parfaitement mûr, et que les plantes qui ont été coupées après maturité complète sont celles qui ont fourni la plus grande quantité de sucre.

M. Kenney, qui s'est aussi occupé de cette culture, assure, au contraire, qu'on a obtenu de meilleurs rendements en coupant la plante quand les graines commencent à se montrer.

Les tiges sont broyées, on évapore les jus après les avoir filtrés sur de la paille, puis, quand on a obtenu un sirop suffisamment concentré, on refroidit le jus et on l'abandonne à la cristallisation; le sucre brut est turbiné.

Cependant le traitement ne paraît pas être toujours aussi simple, si nous en jugeons au moins par les renseignements que nous fournit un mémoire très intéressant contenu dans l'*Annual Report* (p. 256). Le jus obtenu par l'écrasement des plantes est traité suc-

cessivement par deux liqueurs dont la composition n'est pas donnée : l'une paraît être une dissolution de chaux dans l'eau sucrée, l'autre n'est désignée que par une lettre; ce mode de défécation paraît produire des effets assez avantageux pour qu'il soit inutile de recourir à l'emploi du noir animal.

L'évaporation a lieu à l'air libre sans précautions particulières.

Il semble qu'on ait obtenu réellement, soit du sorgho, soit du maïs, des quantités notables de sucre. On ne saurait affirmer cependant qu'il y ait là le germe d'une nouvelle industrie; il y a déjà longtemps qu'on a essayé, en Europe, de tirer du sucre du maïs; un naturaliste distingué, Pallas a publié sur ce sujet un mémoire intéressant, mais le succès n'a pas répondu à son attente. Il est à remarquer, en effet, que les deux seules plantes d'où on extrait régulièrement du sucre se présentent dans des conditions toutes particulières.

La canne à sucre ne fleurit que très difficilement, et par suite le sucre qu'elle élabore persiste sous sa forme primitive; la betterave est une plante bisannuelle; à la fin de la première année, elle a accumulé dans sa racine tout le sucre qui devra être employé l'année suivante à former la tige sur laquelle apparaissent les graines qui assurent la reproduction de l'espèce. On peut donc disposer de tout l'hiver, pendant lequel le développement de la plante est arrêté, pour extraire le sucre accumulé dans la racine.

Dans des plantes annuelles, comme le maïs ou le sorgho, les choses se passent tout autrement; le sucre y est très fugitif, il s'accumule dans la tige pendant quelques semaines seulement, puis disparaît en grande partie au moment de la formation des graines; c'est au moins ce qu'on observe dans les variétés cultivées en Europe, les variétés qui ont été l'objet des études en Amérique sont sans doute différentes; peut-être élaborent-elles le sucre en plus grande abondance que nos variétés européennes et restent-elles sucrées même quand elles ont mûri leurs grains; il est clair que de nouvelles études sont nécessaires pour qu'on puisse affirmer que les Américains trouveront dans le maïs et le sorgho de quoi remplacer le déficit de sucre que constate la statistique[1].

1. « M. Pallas est parvenu à extraire sur une assez grande échelle du sucre cristallisé de la tige du maïs. De semblables essais avaient déjà été tentés en Allemagne, et bien avant la conquête, les Mexicains préparaient avec le suc de la tige de maïs un sirop qui se vendait sur les marchés. M. Pallas n'a pu en extraire que 3 p. 100 de

Sur la présence et le rôle de ferments solubles dans les végétaux.

Résumé des derniers travaux publiés en Allemagne.

Les expériences qui ont été faites dans les derniers temps en Allemagne, relativement à la présence et au rôle de certains ferments non figurés dans les cellules vivantes de quelques espèces de végétaux, se trouvent liées si étroitement aux expériences plus ou moins classiques, contestées ou inexpliquées, sur les plantes dites « carnivores », qu'on ne saurait s'empêcher de comparer entre eux les résultats obtenus dans les deux directions.

Le travail si remarquable de Darwin sur les plantes insectivores a donné lieu à une série de travaux d'un grand intérêt, mais dont les conclusions, souvent contradictoires, ont partagé les opinions des physiologistes.

Les travaux de MM. Hooker, Gorup-Besanez, Reess et Will, van der Harst, etc., ont apporté des données nouvelles à la question.

Il paraîtrait, d'après ces expériences, que la présence de ferments non figurés est plus fréquente dans les végétaux qu'on ne l'avait supposé jusqu'à ce jour. Après M. Hooker, MM. Reess et Will ont constaté la présence d'un ferment dissolvant les matières albuminoïdes dans les poils glanduleux du *Drosera rotundifolia*. La matière sécrétée par les poils a la propriété de dissoudre les matières albuminoïdes légèrement acidulées déposées à la surface des feuilles.

En 1874, MM. E.-V. Gorup-Besanez et Will, ayant remarqué que la leucine et l'asparagine se forment dans les graines de vesces qui germent dans l'obscurité, tandis que ces matières disparaissent quand la germination a lieu à la lumière, guidés par des idées théoriques, ont réalisé un certain nombre d'expériences desquelles

sucre cristallisé. Dans une expérience que j'ai faite conjointement avec M. Roulin, le sucre brut obtenu répondait à 6 p. 100. Les tiges que nous avions fait presser dans un moulin à sucre avaient été cultivées à Mariquita (température moyenne 23°) ; on les avait coupées très peu de temps après la floraison. Le vesou était d'un vert très prononcé, d'une saveur herbacée désagréable. Après une clarification convenable on en obtint du sucre en pain qui attirait l'humidité de l'air, bien que la défécation eût été opérée avec addition d'un peu de chaux. (Boussingault, *Economie rurale*, t. I, p. 278, 1851).

il résulte que les graines de vesces contiennent un ferment soluble dans la glycérine et qui possède la propriété de changer à la fois, énergiquement, l'amidon en glycose et les matières albuminoïdes (fibrine) en peptones.

En isolant ce ferment d'après la méthode de Hüfner, on observe les mêmes phénomènes que ce chimiste a observés en isolant les ferments du pancréas. Le ferment extrait des graines de vesces possède même la propriété de digérer certaines matières albuminoïdes végétales, telles que la conglutine. Les graines de lupin cependant ne contiennent pas un tel ferment. Dans ce mémoire, les auteurs ne sont pas éloignés de croire que les matières albuminoïdes des graines se dédoublent pour donner naissance à de l'asparagine, de la leucine, etc., grâce au ferment qu'ils ont pu extraire. Ce dédoublement se ferait pendant la germination, puisqu'on trouverait de la légumine dans les graines en repos, tandis qu'elle ferait défaut dans les graines germées.

M. Gorup-Besanez a continué ses recherches sur ce sujet intéressant et il est parvenu à reconnaître la présence de ferments diastatiques et dissolvant à la fois les matières albuminoïdes dans les graines du chanvre (*Cannabis sativa*), du lin (*Linum usitatissimum*) et dans l'orge germée. L'orge non germée ne contient pas de ferment, un fait qui, pour être connu depuis longtemps (on sait que la diastase se forme pendant la germination même), n'en est pas moins intéressant, parce qu'il nous apprend que les ferments solubles se forment concurremment pendant la germination. Ces ferments sont solubles dans la glycérine d'où ils peuvent être obtenus en les précipitant par de l'alcool-éther. En répétant cette opération un assez grand nombre de fois, on arrive à obtenir une matière blanche très pure en poudre. Ainsi obtenue et conservée dans des flacons bien bouchés, cette substance garde sa couleur blanche durant des mois et possède ses propriétés de ferment même encore après plusieurs semaines.

Toutes les tentatives faites en vue d'éliminer les matières minérales de cette substance sont restées infructueuses. Dans une analyse on a trouvé 7,76 p. 100 de cendres; un dosage d'azote a donné, après défalcation des cendres, 4,3 p. 100 d'azote. Ne se contentant pas d'essayer les propriétés fermentatives de cette substance sur la fibrine, M. V. Gorup-Besanez l'a mise en présence d'albumine coagulée, très légèrement acidulée. L'action du ferment est beaucoup

plus faible dans ce cas que sur la fibrine, tuméfiée jusqu'à former une gelée compacte, ce qui n'est pas étonnant quand on considère l'action relative des autres ferments dissolvants sur ces mêmes matières.

Dans les expériences sur l'orge germée, on se servit de malt jaune séché au four et de malt séché à l'air. Quant on traite la glycérine qui dissout les ferments du malt par de l'éther-alcool, il se forme un précipité floconneux dont les solutions accusent des propriétés diastatiques énergiques. Il est à remarquer cependant que la solution du ferment provenant du malt jaune séché au four possédait seule des propriétés digestives, tandis que celle que l'on avait extraite du malt séché à l'air avait une action si faible sur la fibrine tuméfiée que l'auteur n'ose se prononcer sur les propriétés fermentatives de cette matière. C'est une question à étudier.

Les graines de lupin ont de nouveau donné des résultats négatifs, ainsi que celles du *Secale cornutum*.

Dans une série d'expériences faites en collaboration de M. Will, M. Gorup a déterminé l'action fermentative des matières sécrétées par diverses espèces de *Nepenthes*. M. Hooker avait déjà antérieurement appelé l'attention sur les propriétés digestives de ces matières.

Les expériences suivantes ont porté principalement sur les matières sécrétées par le *N. phyllamphora* et le *N. gracilis*. Le liquide contenu dans les ascidies[1] était presque incolore, légèrement opalin, sans aucune odeur et de consistance variable. Il était acide si les glandes étaient stimulées par des insectes tombés dans l'ascidie, neutre ou très peu acide si aucun corps étranger n'était parvenu à l'intérieur de la cavité. Dans le premier cas, l'action digestive du liquide sécrété est des plus évidentes. La fibrine, tuméfiée jusqu'à consistance gélatineuse par de l'acide chlorhydrique extrêmement dilué, est liquéfiée dans l'espace d'un heure à une température de 40°. Quand on ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique à 0,2 p. 100, la fibrine est dissoute en un quart d'heure. De la viande crue, mise en présence du liquide sécrété, se tuméfie et se dissout partiellement sans trace de décomposition; il en est de même de la légumine. La colle forte met environ 24 heures à se dissoudre. Quand on filtre la solution, le liquide a perdu la propriété de se

1. On donne ce nom aux *urnes* qui terminent les feuilles de ces plantes.

prendre en gelée. L'action du liquide sécrété par les ascidies est nulle sur l'amidon.

Les ascidies non stimulées par la présence d'un corps étranger donnent un liquide qui n'a pas d'action sur la fibrine tuméfiée aussi longtemps qu'on n'ajoute pas d'acide chlorhydrique. Une trace de ce dernier lui donne les propriétés dissolvantes caractéristiques. L'acide formique est bien plus énergique. Quand on ajoute à la fibrine tuméfiée au contact du liquide des *Nepenthes* 3 à 4 gouttes d'acide formique faible, la dissolution se fait immédiatement, même à la température ordinaire. Les acides malique et citrique ont une action analogue, quoique plus faible. Il en est de même des acides acétique et propionique.

On peut donc, d'après ces résultats, considérer le liquide acide sécrété par les ascidies des *Nepenthes* comme une solution d'une sorte de pepsine végétale, et en comparant avec elle la pepsine animale on voit que leurs propriétés sont parallèles.

Plus récemment, M. L. van der Harst est arrivé à découvrir dans la fève un ferment de la même nature que ceux que MM. Gorup, Reess et Will ont pu isoler dans le lin, le chanvre, etc. Après avoir fait germer des graines ordinaires de fèves jusqu'à ce que la partie hypocotylée eût atteint une longueur d'environ 1 à 2 1/2 centim., époque à laquelle les premières feuilles commencent à apparaître distinctement, on enleva délicatement les cotylédons pour en faire l'analyse séparément. Ces parties furent traitées par la glycérine. Trois expériences furent faites d'abord sur de la fibrine pure que l'on avait obtenue du sang de cheval. La fibrine, acidulée préalablement avec une petite quantité d'acide chlorhydrique à 0,2 p. 100 fut mise simultanément en présence : 1° d'une petite quantité de l'extrait obtenue par la glycérine des cotylédons; 2° de la même quantité d'un extrait des parties hypocotylées, traitées par la glycérine; et 3° de glycérine pure. Les trois liqueurs furent analysées après 12 heures, la température ayant été de 18°. La glycérine pure, ainsi que l'extrait des parties hypocotylées, n'avait pas agi sur les matières albuminoïdes.

L'extrait des cotylédons au contraire avait pu transformer de la fibrine (syntonine) en peptones, réaction indiquée par la coloration violette caractéristique par le cuivre, quoique simultanément on pût constater la présence de matières albuminoïdes non altérées. D'autres réactions démontraient dans ce cas également la transfor-

mation en peptones. Dans une autre série d'expériences, les extraits par la glycérine furent mis en présence d'amidon. L'extrait des cotylédons accusait alors d'énergiques propriétés fermentatives. L'amidon était rapidement transformé en glycose, tandis que ni l'extrait des parties hypocotylées, ni la glycérine pure n'opéraient un changement dans la nature de l'amidon.

Il est curieux de voir ce ferment se présenter exclusivement dans les cotylédons. On serait porté à croire qu'il pourrait jouer dans la transformation des matières nutritives un rôle important, d'autant plus que MM. Gorup-Besanez et Reess (voy. plus haut) ne sont pas loin d'assigner au ferment qu'ils ont pu reconnaître dans les graines germées de vesces une importance physiologique considérable.

Il était intéressant de faire dans ces conditions des expériences sur l'action de ce ferment sur la matière albuminoïde qui se trouve dans les fèves : la légumine. D'après les expériences de M. van der Harst, cette substance se transformerait sous l'influence du ferment comme les matières albuminoïdes dont il a été question plus haut; mais cette transformation serait beaucoup plus lente. Il n'apparaît cependant pas dans ce cas des produits de dissociation cristallisables comme l'asparagine et la leucine et que l'on aurait dû trouver avec les peptones dans le liquide en fermentation. On peut conclure de l'absence de ces matières dans les produits de la dissociation des matières albuminoïdes végétales que leur formation est reculée à une époque plus avancée de la germination et que ce sont des produits de dissociation d'un ordre moins élevé.

M. C. Krauch nous donne également quelques contributions à l'étude de la question des ferments végétaux non figurés. Il a étendu ses recherches sur les ferments solubles à un plus grand nombre de plantes, en ayant soin d'en examiner les différents organes. A côté de la méthode ordinaire, qui consiste à traiter les organes par la glycérine, il a adopté une méthode d'Erlenmayer dans laquelle la glycérine est remplacée par de l'eau mélangée d'acide salicylique. Cette méthode, qu'on avait proposée autrefois pour le traitement des ferments physiologiques animaux, a été trouvée parfaitement applicable à l'étude des ferments végétaux.

Pour reconnaître l'action des différents ferments sur les matières albuminoïdes il fallait, comme l'a montré M. Gorup-Besanez, avoir recours à un acide faible (à 2 p. 1000).

Les nombreuses expériences ont porté sur quatre séries d'organes différents :

1° Les organes végétatifs ordinaires; 2° les bulbes et les tubercules; 3° les fruits amylacés; 4° les graines oléagineuses.

Les organes végétatifs de plantes ligneuses, tels que les bourgeons et les jeunes rameaux du marronnier d'Inde, les bourgeons, les rameaux jeunes et vieux du bouleau, les feuilles du chêne et de l'aubépine; puis les bulbes d'oignon, les tubercules de pomme de terre, les graines d'orge et de maïs, enfin les graines de potiron, ont été successivement traités par la méthode indiquée. Dans aucun de ces organes on ne peut trouver de ferments émulsifs ni digestifs des matières albuminoïdes; mais les ferments diastatiques sont par contre beaucoup plus répandus. Il existe un ferment diastatique très énergique dans le bois jeune du marronnier d'Inde, tant en hiver qu'à l'époque de la végétation. Les ferments de même nature des feuilles du chêne et de l'aubépine sont plus faibles, tandis que le bouleau ne contient pas de diastase. Cette substance ne se rencontre dans les bulbes d'oignon et les tubercules de pomme de terre qu'à l'époque de la végétation et en petites quantités; pendant le repos on n'en trouve que dans l'oignon.

Dans les graines de maïs, le siège du ferment est principalement dans le scutellum et le jeune bourgeon. Enfin, les graines de potiron contiennent un ferment diastatique qui est faible dans les graines non germées, mais qui devient plus énergique dans les graines germées.

La diastase est très répandue dans les organes riches en amidon, mais la transformation de l'amidon en glycose ne semble pas toujours être liée à la présence de cette matière. La végétation du bouleau nous en présente un exemple : malgré la richesse de cette plante en matières amylacées, on n'y trouve cependant à aucune époque de la diastase.

M. Krauch a également étudié l'action des ferments diastatiques végétaux sur d'autres substances végétales. Les ferments qui servaient à ces expériences étaient obtenus du malt, du maïs, de l'oignon et de graines germées de potiron. En présence de gomme arabique et de gelée de coing, ces ferments ont toujours formé du sucre. Leur influence sur les glycosides n'est pas la même. En mettant des ferments de malt, de graines germées de potiron, de feuilles de chêne et d'aubépine en présence de salicine, on voit que

le ferment du potiron agit seul énergiquement en formant du sucre, tandis que l'action des autres ferments est faible. De ces quatre ferments il n'y a que celui que l'on retire des feuilles du chêne qui donne naissance à du sucre quand on le laisse pendant 48 heures en contact avec de l'amygdaline.

L'analyse de la diastase la plus pure qu'ait pu obtenir l'auteur lui a donné les chiffres suivants : carbone, 45,68 p. 100; hydrogène, 6,90; azote, 4,57; cendres, 6,08; oxygène et soufre, 36,77. Le soufre est en proportion si faible qu'on a négligé de le déterminer.

On voit que les données sur cette intéressante question des ferments végétaux solubles sont loin d'être complètes et qu'il reste à des expériences ultérieures de fixer surtout le rôle physiologique encore fort obscur de ces matières. Si, comme le pensent MM. Gorup et Will, la formation des substances de dissociation des matières albuminoïdes est liée à l'action de ces ferments, leur étude acquerrait une importance qui en ferait un complément des études de MM. Pfeffer, Schulze, Borodine, etc., sur la dissociation et la régénération des matières albuminoïdes dans les végétaux.

Le Gérant, G. Masson.

PARIS. — IMPRIMERIE ÉMILE MARTINET, RUE MIGNON, 2

ÉTUDES THÉORIQUES ET PRATIQUES SUR LES HERSES ROULANTES

PAR

J. A. GRANDVOINNET

Professeur de génie rural à l'école nationale de Grignon.

AVANT-PROPOS

DE L'INVENTION DES HERSES ROULANTES ET DE LEUR ROLE.

1. Toutes les herses *traînantes* dentées, surtout lorsqu'elles sont conduites au pas accéléré, peuvent briser les mottes par des chocs répétés. Mais, pour atteindre complètement ce résultat, il faut herser le même champ à plusieurs reprises et surtout alterner les hersages avec des roulages énergiques.

2. Une herse pouvant facilement, seule, briser les mottes, est donc un utile instrument dans les pays où le sol se prend en mottes dures après le labour et se durcit à la surface en se desséchant.

3. On attribue cette propriété à la herse roulante, dite *Norvégienne*. Cette herse paraît dater de 1813 et son invention est attribuée à un pasteur norvégien, comme l'indique la note suivante que nous avons copiée sur les herses de l'exposition de la Norvége, en 1855 à Paris.

« Cette herse a été inventée en 1813 par M. P...y et Chrétien Holst, curé du diocèse de Roken (Norvège) qui en fit faire un modèle d'après lequel les cylindres ont été fabriqués jusqu'en 1823 Après cette époque, les cylindres, d'abord en bois, ont été faits en fer battu. Cette herse se compose actuellement de trois à quatre cy lindres; et tous les forgerons de Norvège la fabriquent. On a aussi remplacé les dents droites, placées sur le cylindre, par des dents crochues, pour donner plus d'efficacité à la herse. »

« En 1854, M. Biseth,,directeur de Lavigaarst'oen, appartenant au roi Oscar, a perfectionné cette herse en ajoutant, à chaque extrémité des trois cylindres, des roues dentées dont une, plus petite que les autres, est placée au milieu et se tourne par des mouvements mutuels en double vitesse. En travaillant lentement avec une herse roulante, on obtient un plus grand résultat qu'en travaillant vite

avec une herse ordinaire. Quoique le prix de cette herse soit assez élevé, puisqu'il varie de 120 à 130 francs, elle a été bientôt répandue et préférée dans tout le pays par sa grande supériorité. »

Nous avons scrupuleusement conservé le texte de la note norvégienne, malgré quelques incorrections bien excusables.

4. Nous n'hésitons pas à accepter, pour les bonnes herses roulantes, l'origine norvégienne dont nous venons de transcrire les titres; mais nous croyons que la herse roulante ordinaire date de plus loin que 1813. Elle peut être considérée comme un rouleau denté; et, dans quelques parties de la France, cette espèce de rouleau existe de temps immémorial. C'est un cylindre en bois armé de dents en fer et dont les tourillons tournent dans les *longerons* d'un châssis rectangulaire en bois auquel on attèle un cheval. Parfois, le cadre renferme deux rouleaux pareils; et une plateforme, recouvrant le tout, supporte un siège pour le conducteur.

Ces cylindres en bois ont environ vingt centimètres de diamètre et les dents, en fer carré, y sont enfoncées, à distances égales, suivant des hélices allongées; de façon que chaque dent fasse un trou distinct.

Nous avons rencontré cette année des herses roulantes au concours de Limoges et il est bien certain que ces modèles n'ont pas été empruntés à la Norvège : ce sont des perfectionnements d'appareils anciens du pays.

5. Quelle que soit, du reste, la véritable date de l'invention des herses roulantes, elles sont, dans leurs bonnes formes actuelles, d'excellents appareils de préparation des terres et, à ce titre, méritent d'être étudiées.

6. Lorsque l'attelage entraîne une herse roulante, celle-ci repose sur le sol par un certain nombre de dents : la traction s'exerçant par l'intermédiaire du cadre sur les tourillons des cylindres, ceux-ci s'avancent en tournant autour des pointes qui s'enfoncent dans le sol tout en servant de centres successifs de rotation : les rouleaux dentés roulent donc sur le sol en s'appuyant successivement sur les diverses dents qui s'enfoncent plus ou moins suivant la nature de la terre.

Comme l'axe de rotation change à chaque instant, les dents viennent, chacune à leur tour, frapper le sol de leurs pointes et y pénètrent à une profondeur qui dépend du poids du rouleau, de la forme et de la grosseur des dents. Le roulement se fait par se-

cousses successives, comme cela aurait lieu pour un prisme régulier. L'effet produit sur la croûte durcie du sol, ou sur les mottes, est celui d'une pointe de fer chargée d'un poids et tombant avec une certaine vitesse.

7. Cette action des herses roulantes diffère donc essentiellement de celle des herses traînantes : elle est assimilable à celle d'une série de petits pics ou de pioches étroites venant frapper successivement le sol et les mottes. Dans les sols très tenaces, l'effet de ces dents est plus grand que celui des dents de herses traînantes.

On peut donc dire tout d'abord que les herses roulantes jouent le rôle de herses énergiques en même temps que celui de rouleaux d'une *pression spécifique* médiocre.

PREMIÈRE PARTIE : ÉTUDE THÉORIQUE

CHAPITRE PREMIER

DES DENTS OU PIÈCES TRAVAILLANTES.

§ 1. — Mode d'action des dents.

8. Soit (fig. 1), un cylindre tangent au sol en A et armé de dents telles que BD. Dès que la traction T agit, directement ou indirectement, sur l'axe de ce cylindre, le centre O tend à s'élever et tout ou partie du poids du rouleau denté est supporté par la pointe D de la dent : cette dent s'enfonce alors en terre et de plus en plus à mesure que le centre O se rapproche de la verticale passant par la pointe D.

De sorte que tout se passe comme si le cylindre O roulait sur la surface du sol pendant que la dent *piocherait* la terre. Si celle-ci est trop dure pour que la dent y pénètre tout entière, le cylindre de roulement est un cylindre idéal ayant le même axe que celui qui porte les dents, et d'un rayon plus grand : mais tout se passe évidemment de même.

9. Pour déterminer plus explicitement le véritable mode d'action de la dent, il faut d'abord trouver le chemin décrit par le point D pendant que le cylindre, réel ou idéal, roule sur le sol d'un mouvement uniforme. Or ce chemin est connu des géomètres : c'est une

courbe que nous avons appelée une *cycloïde extérieure* ou de *prolongement.*

10. Pour l'obtenir, on trace d'abord la cycloïde décrite par le point B du cercle roulant : puis on mène, en chacun des points de cette cycloïde, le rayon du cercle générateur, en le *prolongeant*, d'une quantité égale à la longueur de la dent. En réunissant les extrémités D de tous ces rayons *prolongés*, on a la trajectoire de l'extrémité de la dent, et on voit pourquoi nous la nommons *cycloïde de prolongement.*

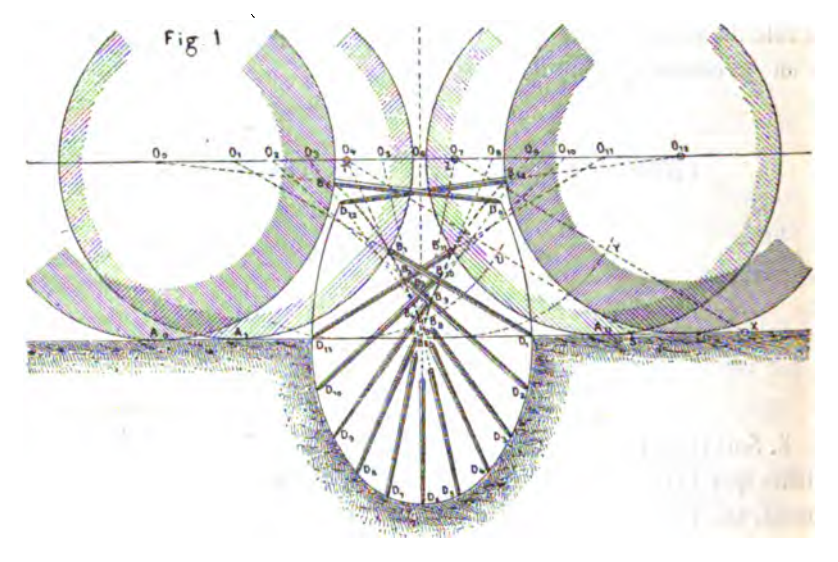


Fig. 1. Epure du parcours d'une dent, à moitié environ de la grandeur supposée dans le texte.

Lorsque, par exemple, le cylindre OA roule, de gauche à droite, de la position O_0A_0 à la position $O_{12}A_{12}$, son centre, ou son axe, décrit la droite O_0O_{12}; le point B_0 de la circonférence du cylindre, ou la racine de la dent parcourt la fin de cycloïde ordinaire $B_0B_1B_2$... B_6, puis remonte en décrivant le commencement d'une cycloïde identique B_6,B_7... B_{12}; enfin, la pointe de la dent située sur le *prolongement* d'un rayon, à l'*extérieur* du cylindre OA, parcourt la cycloïde *extérieure* ou de prolongement $D_0D_1D_2$...D_{12}.

11. On voit que la dent, arrivée en D_1, commence à creuser le sol et ne cesse d'agir que lorsque le cylindre est parvenu en $O_{11}A_{11}$.

A partir de la position D_1 de la pointe de la dent, celle-ci, supposée droite, est d'abord assez peu inclinée sur l'horizon; mais, en descendant pour piocher le sol, elle se redresse de plus en plus et devient verticale lorsque le cylindre roulant a son point de tangence avec le sol en B_6.

Le roulement continuant, la pointe de la dent s'élève en reculant et celle-ci reprend, dans un sens contraire, à partir de D_7 et symétriquement, les positions successives qu'elle avait précédemment; et la pointe sort enfin de terre en D_{11}.

La dent, en réalité a donc fouillé et remué la terre à partir de la position B_1D_1 jusqu'à $B_{11}D_{11}$.

Le cylindre roulant ayant, par exemple, 97 millimètres de diamètre, et une dent saillant de 45 millimètres, chaque dent pioche sur une longueur D_1D_{11} du parcours, égale à 58,7 millimètres,

12. Pour que la terre soit entièrement fouillée à la surface, il faut donc qu'une dent arrive en contact avec le sol en un point X (fig. 1) tellement situé que la longueur D_1X soit exactement égale à $D_{11}D_1$. Comme le centre du cylindre reste toujours sur l'horizontale 0_00_{12}, si, de X, avec un rayon égal à $(R + H)$ (soit ici 48,5 millimètres + 45), on trace un arc de cercle, il détermine Z position du centre du cylindre quand une dent commencera à piocher en X. En traçant, du centre Z, une circonférence représentant la section du cylindre, on voit que YX serait la nouvelle dent piocheuse. Or, à ce moment, l'ancienne dent BD, en fonction, a son point d'insertion un peu avant B_7 sur la cycloïde montante B_6B_{12}; et en même temps sur la circonférence B_7Y. La longueur de cet arc B_7Y mesure la distance maximum des dents pour que toute la surface soit piochée. Cette longueur développée, dans l'exemple ci-dessus, serait donc de 58,4 millim. Comme la circonférence du cylindre est égale à $0^m,305$, il faudrait un peu plus de cinq dents sur la même circonférence pour que les trous piochés soient tangents à la surface.

13. Il est visible que, dans cette hypothèse, il reste entre les trous piochés un volume de terre considérable qui n'a pas été atteint par les dents piocheuses. Pour que la terre soit piochée, sans lacune sensible, tout le long de la trace du cercle OA, et à une profondeur à très peu près uniforme, il faut que les dents soient assez nombreuses pour que l'une d'elles commence à piocher en S (milieu de D_1X) lorsque la dent précédente est à peu près à la moitié de son parcours en terre. En traçant de S, avec un rayon égal à $R + H$ un

arc de cercle, il coupe en T la droite horizontale trajectoire des centres. De ce centre T, si l'on trace une circonférence représentant la section du cylindre roulant, US sera la nouvelle dent piocheuse; et l'on voit qu'elle commence à fonctionner quand le cylindre a son centre presqu'en O_4 et que la pointe de la dent est en D_4 assez près de sa position la plus basse. Dans cette seconde disposition, l'écartement de deux dents sur la circonférence est l'arc B_4U, égal en longueur à 28 millimètres environ. Il faudrait donc, sur chaque circonférence du cylindre, presque onze dents pour que toute la terre soit piochée et remuée sur la profondeur totale VD_6.

La dent BD, en passant de D_6 en D_{11}, ne pioche plus, mais remue la terre piochée par la dent précédente.

14. On comprend aisément qu'il doit y avoir un certain rapport entre le nombre de dents par tour et la profondeur du piochage que l'on veut atteindre lorsque le cylindre a un diamètre donné.

Si, par exemple, pour la même profondeur de 45 millimètres supposée dans l'exemple précédent, on veut employer un cylindre roulant d'un diamètre double, la boucle de cycloïde de prolongement $D_1D_2 \ldots D_{11}$ a 48,5 millimètres de large au lieu de 58,7 millimètres et par conséquent il faudrait douze dents sur chaque cercle pour que les trous piochés soient contigus à la surface et 24 dents pour que toute la profondeur soit remuée sur tout le parcours.

§ 2. — Forme rationnelle des dents.

15. Il est facile de voir sur la figure 1 que la dent droite, prolongement du rayon, vient frapper le sol de côté et *sabre* au lieu de *pointer*, ce qui diminue son efficacité : il est vrai, toutefois, qu'à mesure qu'elle s'enfonce, la dent se redresse de plus en plus; de sorte que l'inconvénient que nous venons de signaler, va en diminuant.

Il y a cependant avantage à adopter une dent droite convenablement inclinée sur le rayon prolongé, ou plutôt une dent courbe, en choisissant une courbe telle que la dent pénètre dans le sol en traversant toujours verticalement la surface.

16. Une seule forme courbe satisfait à cette condition de pénétrer normalement à la surface d'appui du cercle roulant, pendant toute la durée de la pénétration : c'est la *développante* du cercle.

17. Lorsque la dent droite, prolongeant le rayon, est remplacée, comme dans la figure 2, par une dent courbée en forme de développante du cercle roulant, cette dent pénètre toujours normalement : c'est-à-dire que chaque élément de la courbe B_0D_0 est normal à la ligne du sol lorsqu'il la traverse. Cela résulte de la génération même de la développante. Celle-ci est, en effet, la courbe que décrit l'extrémité d'un fil A_1D_1 tendu sur la circonférence A_1B_1, lorsque l'on fait marcher cette extrémité de D_1 vers B_1 en conservant le fil tendu qui reste ainsi tangent au cercle, ou quand le fil étant enroulé sur le cercle de A_1 en B_1 on le déroule en le conservant tendu du point A_1 fixe, pour l'amener en A_1D_1.

18. Ce mode de tracé exige que le cercle A_1B_1 soit réellement représenté par un cylindre matériel. Mais on peut tracer la développante de cercle par points, de la manière suivante. On partage l'arc AF (fig. 3), représentant le fil générateur enroulé, en parties

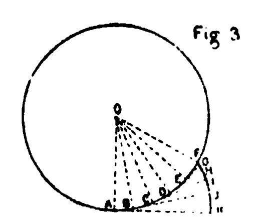


Fig. 3. Tracé d'une développante du cercle.

égales assez petites, pour pouvoir être considérées comme droites, en cinq par exemple : à chaque point de division, on mène une tangente au cercle; ces tangentes représentent cinq positions du fil en déroulement. On porte sur chacune d'elles une longueur égale à la longueur de fil déroulé; c'est-à-dire une partie EG, égale à EF, sur la première tangente; deux parties, ou DH, égale à DEF, sur la seconde et ainsi de suite : trois, quatre et cinq parties de l'arc total AB...F. En joignant les points F, G, H, I, J et K, on a la *développante* cherchée.

19. Il est visible que, pendant le roulement du cercle sur la droite fixe AK, chacune des tangentes vient à son tour se confondre avec le sol et qu'alors l'élément de la courbe qui est normal à cette tangente l'est aussi au sol lui-même. Ainsi une dent en développante de cercle traverse normalement la croûte du sol pendant toute la

durée de la pénétration; son action est donc assimilable à celle d'un pieu vertical que l'on chargerait d'un poids pour le faire pénétrer dans le sol.

20. Mais le travail de la dent ne se borne pas à la pénétration au travers de la croûte du sol : la trajectoire de la pointe de la dent étant une cycloïde de prolongement (fig. 2), la dent courbe occupe

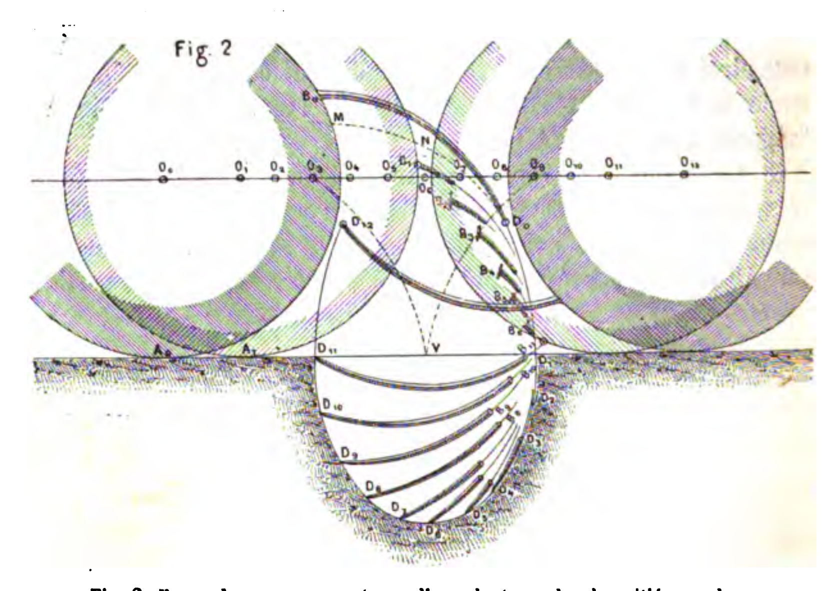


Fig. 2. Epure du parcours en terre d'une dent courbe, à moitié grandeur.

des positions successives que nous avons représentées en partie seulement pour ne pas compliquer la figure : si l'on suit la dent, dans cette marche, on voit qu'elle pioche jusqu'à la position extrême D_6 d'une façon parfaite; comme à ce moment, ainsi que nous l'avons montré précédemment, une autre dent arrive sur le sol, la première n'a qu'à remuer, en la soulevant de D_6 en D_{11}, la terre provenant du piochage d'une dent précédente.

21. Nous venons de prouver que la dent, supposée infiniment mince, doit être courbée en forme de développante de cercle : Il s'agit, actuellement, de déterminer sa forme en section transversale depuis sa pointe jusqu'à son point d'encastrement dans le cylindre.

22. Si cette dent ne doit agir que dans un sens de marche et sur

une faible largeur, comme une dent de herse traînante, la section transversale doit être un triangle, moitié d'un carré, d'un lozange ou d'une lentille; et comme la pénétration doit avoir pour effet continu l'éclatement du sol en arrière de la dent et sur ses côtés, cette section triangulaire doit aller en croissant de la pointe jusqu'à l'encastrement : le dos de la dent qui (fig. 2) passera en $D_1D_2...D_6$ sans presser contre le sol aura une largeur croissante; l'épaisseur de la dent, comptée entre ce dos et l'arète, dirigée vers l'arrière pendant le travail, ira aussi en croissant. Grâce à cette forme (fig. 4), la dent agira comme un coin pour presser la terre, de chaque côté et vers l'arrière, et détacher une motte comme le ferait un pic manié par un homme.

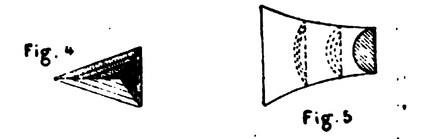


Fig. 4. Dent en coin. Fig. 5. Dent piocheuse.

23. La dent, tout en pénétrant dans la terre, recule en se rapprochant de plus en plus de l'horizontale. Elle agit alors quelque peu comme une dent de herse traînante sans cesser d'être solidaire du cylindre roulant.

24. Le dos de la dent doit avoir pour trajectoire la cycloïde de prolongement $D_1...D_6$ afin de ne jamais comprimer la terre d'arrière en avant. Il suffit pour cela de prendre pour le dos de la dent une courbe MN partant de la pointe de la développante et s'en éloignant de plus en plus, uniformément, jusqu'à l'encastrement. Le dos de la dent est donc une quasi développante moins courbée que la vraie développante.

25. Dans les herses norvégiennes actuelles, on adopte des dents à section carrée dont une arète est en avant. Cette forme ne peut être admise que dans le cas où l'on voudrait faire agir la herse dans les deux sens opposés, en *accrochant* et en *décrochant*. Comme ce dernier mode de travail nous paraît à peu près sans utilité réelle, nous ne pouvons conseiller que la forme de dent indiquée par le raisonnement : elle économisera le travail moteur.

26. On peut aussi adopter pour les dents la forme de véritables lames de pioches plus ou moins larges : la terre, alors, ne serait pas comprimée ou brisée latéralement.

Dans ce cas, nous conseillons, pour le fer de la pioche, une section en forme de segment de cercle dont la corde croîtrait légèrement, depuis le point d'encastrement; tandis que la flèche diminuerait (fig. 5).

27. Ces deux formes de dents donnent à la terre des façons différentes : la première forme *pique* la terre et la fait éclater en mottes; la seconde forme *découpe* le sol en tranches.

§ 3. — Détermination de la traction qu'exige une dent de herse roulante.

28. Le travail de la dent présente trois phases : 1° l'entrée de la dent agissant comme un pic par l'action du poids du cylindre; 2° l'arrachement de la terre; 3° le soulèvement de la terre arrachée par la dent précédente.

29. Si nous considérons la dent à l'instant où elle vient frapper le sol (fig. 6), on voit que le poids P du cylindre, la réaction Q du sol et la traction T doivent être en équilibre de rotation par rapport à l'axe passant par la pointe de la dent considérée comme appui.

Le bras de levier de la traction (fig. 6) est la perpendiculaire DJ, menée de la pointe D de la dent sur OT, direction de la traction; celui du poids P est l'horizontale DA; Q passant par l'axe de rotation a un bras de levier nul. L'équation d'équilibre de rotation entre les trois forces, P, Q et T se réduit donc à :

$$T.\ BJ = P.\ AD \ldots\ldots \quad (1)$$

Or, dans le triangle rectangle OJD, on a :

$$\frac{DJ}{OD} = \sin JOD = \sin (90° - \alpha + \beta) = \sin [90° - (\alpha - \beta)] = \cos (\alpha - \beta)$$

d'où

$$DJ = OD.\ \text{Cos} (\alpha - \beta) \ldots\ldots \quad (2).$$

Dans le triangle rectangle OPD, on a

$$\frac{DA}{OD} = \sin \alpha : \text{d'où } DA = OD \sin \alpha \ldots\ldots \quad (3).$$

Mettant ces valeurs (2) et (3), à la place de DJ et de AD, dans l'équation (1), on a ;

$$T. OD \cos(\alpha - \beta) = P. OD \sin \alpha,$$

d'où, après réduction ;

$$T = P \frac{\sin \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} \ldots\ldots \quad (4).$$

30. Dans le cas particulier où la traction agirait horizontalement, on aurait (fig. 6).

$$T. OA = P. AD\ldots\ldots \quad (5) \text{ ou } T = P. \operatorname{tg} \alpha\ldots\ldots \quad (6).$$

On aurait obtenu la même équation en faisant, dans l'équation (4), β égal à zéro.

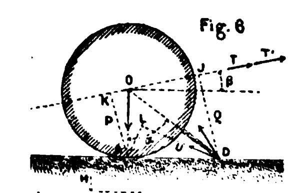


Fig. 6. Equilibre de roulement.

31. Dès que l'équilibre de rotation est obtenu, le cylindre tourne autour de la pointe D; mais celle-ci s'enfonce en terre pendant que le centre du rouleau s'avance : le centre de rotation s'abaisse donc de plus en plus jusqu'en D_6 (fig. 1). Ainsi, dans l'équation (4), l'angle α varie depuis une valeur maxima, correspondant au moment où la pointe de la dent vient s'appuyer sur le sol, jusqu'à une valeur minima, nulle, quand la pointe est complètement enterrée. L'angle α a son ouverture mesurée par deux coordonnées orthogonales dont O_1O_{12} est l'un des axes; l'abscisse est représentée par les projections horizontales de droites égales telles que $O_1D_1 \ldots O_2D_2 \ldots$ O_6D_6 qui sont de plus en plus inclinées sur l'axe de projection; depuis la première, inclinée d'un angle tel que son cosinus est égal au rapport entre le rayon du rouleau R et ce rayon augmenté de l'entrure H de la dent, jusqu'à la dernière qui est verticale.

32. La traction T, supposée appliquée à l'axe du cylindre denté a son bras de levier variable. En effet $\frac{JD}{R + H}$ représente toujours

le sinus de l'angle TOD; et celui-ci est évidemment égal à la somme de deux autres angles, l'inclinaison β de la traction sur l'horizon et l'angle MOD, complément de α. Puisque ce dernier angle varie et va en diminuant, l'angle TOD va en croissant; et, quand α est nul, TOD est égal à $\beta + 90°$. Donc JD est égal à R multiplié par le sinus d'un angle qui croît depuis l'entrée en terre de la dent jusqu'à son complet enterrage.

33. De l'équation (4) on tire

$$\frac{T}{P} = \frac{\sin \alpha}{\cos (\alpha - \beta)} \; \ldots\ldots \quad (7).$$

Or, d'après ce que nous venons d'expliquer, la valeur du rapport de la traction au poids, va en diminuant constamment depuis le moment où la pointe arrive sur le sol jusqu'à celui où elle est entièrement enterrée, puisque, dans le second membre de l'équation (5), le numérateur diminue en même temps que le dénominateur croît. Si, dans les dimensions relatives de la figure 2, nous supposons que l'inclinaison de la traction (fig. 6) est de 10°, pendant le temps d'action d'une des six dents, l'angle α prend successivement les valeurs suivantes : 58°,54', 47°,49', 36°,40, 24°,11, 11°,52 et 0.

En mettant ces valeurs dans l'équation (5), on voit que le rapport de la traction au poids, pendant la durée de l'action d'une dent, prendra les valeurs successives 1,303, 0,938, 0,668, 0,422, 0,259 et 0 : moyenne, 0,5879.

34. Si le roulement du rouleau était la seule résistance à vaincre, la traction serait périodiquement variable, suivant les chiffres précédents : d'abord d'un tiers plus grande que le poids du rouleau, au moment où une dent vient frapper le sol, elle ne serait bientôt plus que les deux tiers, le quart et enfin elle serait nulle immédiatement avant l'arrivée sur le sol d'une nouvelle dent.

35. La portion de traction que nous venons de déterminer est simplement employée à soulever le rouleau pour que, reposant sur les pointes des dents, il avance en les faisant enfoncer. Le degré d'enfoncement et, par suite, le diamètre du cylindre idéal de roulement dépendent de la nature du sol et du poids du cylindre denté.

Pour donner une énergie suffisante à une herse roulante, il faut donc adopter un certain poids pour chacune des dents venant simultanément en contact avec le sol. Si, par exemple, six dents sup-

portent simultanément le rouleau, le poids total de celui-ci peut être considéré comme se partageant également entre ces six dents qui pénètrent en terre en raison du poids qui les presse.

36. Si, au lieu d'être réduite à son axe longitudinal, la dent a, comme cela doit être, la forme d'un coin dans les trois sens, elle supporte sur chacune de ses faces d'action en arrière et sur ses deux flancs une réaction de la part du sol : ces réactions font naître des frottements ascendants qui s'opposent à la pénétration de la dent. Le poids afférent à chaque dent doit donc aussi être en rapport avec la forme transversale de la dent.

37. Bien que l'action du poids du rouleau soulevé par la traction suffise à provoquer l'enfoncement de la dent, l'attelage doit, outre cette première traction, exercer un certain effort pour fendre et jeter en arrière la terre piochée. La réaction qu'exerce la terre contre la dent pendant que celle-ci pioche, ou passe de la position B_1D_1 à la position B_6D_6, dépend de la nature du sol et de la forme transversale de la dent : cette réaction est appliquée très près de la pointe même de la dent, et elle a pour origine le déplacement presque horizontal que provoque, dans la terre, la pointe de la dent, en passant (fig. 2) de D_1 en D_2, puis de D_2 en D_3 et ainsi de suite. Cette résistance de la terre va probablement en augmentant un peu; mais on peut, sans erreur notable, la supposer constante et proportionnelle à la largeur constante S_1D_1.

38. Soit U cette résistance; nous pouvons considérer le rouleau denté comme tournant autour de son point d'appui A sur le sol (fig. 6). La traction T' nouvelle doit donc équilibrer la résistance U. La première a pour bras de levier AK constant et la seconde, AL variable. Donc, on a :

$$T'.\ AK = U.\ AL\ldots\ldots \quad (8).$$

En appelant R le rayon du rouleau et β, l'inclinaison de la traction sur l'horizon, on a évidemment :

$$AK = R \cos \beta\ldots\ldots \quad (9).$$

D'autre part, AL étant perpendiculaire à la résistance U, qui peut être considérée comme normale à la dent droite rayonnante, ce bras de levier est parallèle à OD et sa projection sur OD est égale à cette dernière droite diminuée de la projection OM du rayon OA sur la même direction. Donc on a :

$$AL = OD - OM \ (10) \text{ et } OM = R \cos \alpha \ldots . (11),$$

d'où

$$AL = R + H - R \cos \alpha = R (1 - \cos \alpha) + H \ldots .. (12).$$

Faisant $H = n R$ et mettant, dans l'équation (8), les valeurs de AK et de AL, on a

$$T'. R \cos \beta = U. R (1 - \cos \alpha + n) \ldots ..$$

d'où

$$T' = U \frac{(1 - \cos \alpha) + n}{\cos \beta} \ldots .. (13).$$

39. Pour une herse donnée, β, n et U sont constants et, par suite, la grandeur de la seconde partie de la traction varie avec l'angle α.

En continuant à prendre les valeurs particulières adoptées précédemment, on aurait

$\beta = 10°$; n, égal à 0,9668 et α variant de 58°,54 à 0°.

Le rapport de la traction T' à la résistance U de la terre aurait donc les valeurs suivantes pendant l'action de chaque dent :

0,98178, 0.82441, 0.69179, 0.57997, 0.51259 et 0.49086 : moyenne, 0,669.

40. La résistance qu'éprouve la dent, de D_6 en D_{11}, pour passer u travers de la terre piochée par la dent précédente est évidem- même espèce que la précédente, quoique plus faible. Seulement, au lieu d'aller en diminuant elle va en augmentant, puisque au numérateur de l'équation (13) α va en croissant depuis la position D_6 jusqu'en D_{11}. Cos α va donc en diminuant et, comme tout le reste est constant, la valeur de T' va en augmentant.

41. Ainsi, la traction totale qu'exige une herse roulante se compose de trois parties : la première, T, est employée à faire rouler le cylindre denté et elle est donnée par l'équation

$$T = P \frac{\sin \alpha}{\cos (\alpha - \beta)} \ldots .. (4)$$

La seconde T', nécessitée par la résistance de la terre au reculement des dents pendant qu'elles piochent est donnée par l'équation

$$T = U. \frac{(1 - \cos \alpha) + n}{\cos \beta} \ldots .. (13)$$

La troisième T'', est employée à vaincre la résistance de la terre

piochée précédemment pendant que la dent actuelle opère sa sortie du sol après l'avoir pioché : elle est donnée par l'équation

$$T'' = U' \frac{(1 - \cos \alpha) + n}{\cos \beta} \ldots\ldots (14).$$

43. En admettant les hypothèses précédentes, voici comment varieraient simultanément ces diverses tractions, pendant le travail d'une dent.

T serait égale à 1.303 P, 0.938 P, 0.668 P, 0.423 P, 0.259 P et 0.
T' serait égale à 0.982 U, 0.824 U, 0.692 U, 0.580 U, 0.513 U et 0.491 U
T" serait égale à 0.491 U', 0.513 U', 0.580 U', 0.692, U 0.824 U' et 0.982 U'

Si l'on déterminait par expérience les valeurs de U et de U' pour une terre donnée, on pourrait calculer les valeurs successives de la traction depuis le moment où la dent entre en terre jusqu'à l'instant où elle a atteint sa plus grande profondeur. Il est probable que T' et T" sont, prises ensemble, moindres que T et par suite on peut dire que la traction totale varie par périodes; sa valeur est la plus grande possible au moment où la dent vient en contact avec le sol et le minimum a lieu quand la dent complètement enterrée va commencer son mouvement de déterrage, mais jamais la traction n'est nulle.

§ 4. — Influence du diamètre du rouleau denté.

44. Si l'on considère une herse roulante comme devant piocher sur une profondeur donnée H, il y a lieu de rechercher s'il y a avantage, au point de vue de l'économie de la force de l'attelage, à fixer les dents sur un cylindre de grand diamètre.

45. La plus importante partie de la traction est celle qu'exige le *roulement* du cylindre denté sur le sol : or, si l'on se reporte à l'équation (4) qui exprime la valeur de la traction principale, en fonction du poids P afférent à chaque dent, ou série de dents d'actions simultanées, il est visible que cette traction semble être indépendante du rayon du cylindre qui n'entre pas dans la formule. Toutefois, l'angle α, dont la grandeur surtout influe sur celle de la traction T, est d'autant plus petit que le rayon R est plus grand, pour une même entrure H. On a en effet (fig. 6),

$$\cos \alpha = \frac{OA}{OD} = \frac{R}{R + H}.$$

Si la profondeur est de 45 millimètres et le rayon de 97 millimètres, on aurait α égal à 46°55′ au moment où la dent commence à piocher.

Avec un rayon deux fois plus petit, nous avons vu que l'angle α était à l'origine égal à 58°54′. Avec le grand rayon, le rapport de la traction au poids, à l'origine, serait donc égal à 0,9135 au lieu d'être, comme dans le cas du petit rayon, égal à 1,303. Avec un rayon triple, on aurait pour valeur maxima de α, 40°,12′, et le rapport maximum de la traction au poids ne serait plus que 0,7468. Pour des diamètres 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10 fois plus grands que le premier, le rapport de la traction au poids aurait les valeurs suivantes : 0,6483, 0,5812, 0,5321, 0.4937, 0,4625, 0,4369, 0,4152; pour des angles α égaux à 35°,44, 32°,29, 30°, 28°, 26°,21′, 24°,58′ et 23°,47′.

On voit que, très sensiblement, le rapport de la traction au poids est en raison inverse de la racine carrée du rayon :

$$\text{ou } \frac{T}{P} = \frac{0.2868681}{R^{1/2}} \dots\dots$$

$$\text{ou } \frac{T}{P} \; \frac{0,4057}{D^{1/2}} \dots,$$

au moment où la dent commence à piocher; et on peut admettre que, sauf le coefficient numérique qui va en diminuant, il en est de même pour toute la durée de l'action.

Ainsi, à très peu près, on peut dire que la première partie de la traction, la principale, est en raison inverse de la racine carrée du diamètre. Pour que la traction, à poids égal, soit deux fois plus petite, il faut donc que le diamètre soit quatre fois plus grand.

46. La seconde partie de la traction est donnée par l'équation

$$T' = U \frac{(1 - \cos\alpha) + n}{\cos\beta} \dots \qquad (13)$$

L'angle α, pour une profondeur donnée, varie avec le rayon du cylindre roulant, et nous avons vu que lorsque le rayon a des valeurs successives égales à 1, 2..... 10, l'angle α devient égal à 58°,54′, 46°,55, 40°,12′, 35°,44, 32°,29′, 30°, 28°, 26°,21, 24°,58′ et 23°,47′. Alors les valeurs de $\frac{T'}{U}$ pour $n = 0{,}96\,683$ et $\beta = 10°$, seraient donc successivement : 1,4726, 0,8124, 0,5671, 0,4366, 0,35504, 0,5996, 0,2591, 0,2281, 0,2040. 0,1843.

ou sensiblement

$$\frac{T'}{U} = \frac{0,18}{D^{0,9}}$$

47. Ainsi la seconde partie de la traction, comme la troisième, serait à très peu près en raison inverse de la puissance 9/10 du diamètre; et la première, la principale, en raison inverse de la racine carrée du diamètre.

Il y a donc un assez grand intérêt à adopter un grand diamètre pour le *cylindre roulant* portant les dents, ou, plus exactement, pour la circonférence passant par les pointes des dents.

§ 5. — Influence de l'inclination de la traction.

48. Dans l'expression (4) de la valeur de la tracti on, l'angle β es en dénominateur. Si l'on suppose que cet angle peut varier, il est clair que le dénominateur sera d'autant plus grand que β sera plus grand jusqu'à une valeur égale à α. Mais celui-ci variant depuis une valeur maxima jusqu'à zéro, l'inclinaison de la traction devrait avoir la même variation, ce qui est impossible : comme la traction diminue assez vite, il convient d'adopter pour β la valeur maxima de α afin de réduire à sa moindre valeur la traction au moment où elle est à son maximum relatif.

En suivant cette règle, d'après ce que nous avons vu sur l'influence de la grandeur du diamètre, il est clair que l'inclinaison de la traction devra être d'autant plus petite que le diamètre du rouleau sera plus grand.

§ 6. — Influence du poids du cadre et du diamètre des tourillons du cylindre.

49. La traction étant appliquée au cylindre denté par l'intermédiaire d'un cadre reposant sur les tourillons de ce cylindre, il suffi de rappeler ici (en renvoyant pour plus de détails à notre étude sur les rouleaux) que le poids du cadre engendre sur les tourillons un frottement qui exige une traction assez grande : il y a donc intérêt à réduire autant que possible le poids de ce cadre et à faire des tou-

rillons d'un petit diamètre, tournant dans une boite à graisse d'une bonne disposition.

50. On ne peut recommander le chargement de la herse roulante, qui augmente considérablement la traction : il vaut mieux employer de lourds cylindres dentés.

§ 7 Répartition des dents sur la périphérie du cylindre.

51. Le but du hersage, quelle que soit la herse employée, est de creuser dans le sol une série de sillons parallèles d'une certaine profondeur.

La largeur du sillon et le degré d'ameublissement de ses parois dépendent essentiellement de la forme et de la grosseur des dents qui déterminent par suite l'écartement des sillons.

La profondeur des sillons dépend principalement du poids que supporte chaque dent et de la forme de celle-ci.

52. Dans la herse traînante, une dent suffit pour ouvrir un sillon continu : et la première condition d'une bonne répartition des dents étant que chaque dent doit faire une trace distincte, il faut autant de dents que de sillons à tracer.

Dans la herse roulante, chaque dent fait un *trou :* si l'on veut que les trous faits par les dents, placés sur une même circonférence normale à l'axe du cylindre, soient contigus, il faut que cette circonférence dentée contienne un nombre minimum de dents que nous savons déterminer. Si le diamètre est égal à 1,90 fois la profondeur, il faut un peu plus de cinq dents par circonférence ; et si le diamètre est double pour la même profondeur, il faudrait douze dents.

Si même on veut que la terre soit complètement fouillée, il faut un nombre de dents à peu près double du minimum, afin qu'une dent commence à piocher au moment où la précédente est parvenue à la profondeur extrême, ou au milieu de sa course dans le sol.

53. Les dents d'une herse roulante doivent donc être placées sur des circonférences normales à l'axe du cylindre : et chaque circonférence doit présenter le même nombre de dents.

L'écartement des sillons, ou des lignes de trous piochés, dépend de la forme et de la grosseur de la dent ; mais, en tous cas, le même

écartement doit être adopté pour toute la largeur de la herse : c'est-à-dire que les circonférences dentées doivent être à égales distances l'une de l'autre.

54. On peut placer les dents de telle façon que, sur une génératrice du cylindre, il y ait autant de dents que de circonférences dentées : de sorte que s'il y a huit sillons à faire et que le nombre minimum de dents soit de 6 par circonférence, les 48 dents seront placées, par 8, en rangs longitudinaux sur 6 génératrices équidistantes du cylindre. Huit dents arriveraient ainsi simultanément en travail et porteraient ensemble le poids total du rouleau : leur action serait donc la plus faible possible, et la résistance, comme on l'a vu, serait maxima à l'origine du travail et très faible à la fin; le cylindre agirait par secousse à peu près comme un prisme hexagonal que l'on voudrait faire rouler.

55. Pour avoir une pénétration plus grande, on peut désirer qu'une portion seulement des dents arrivent simultanément en travail. Supposons par exemple que l'on ne veuille dans l'exemple précédent que quatre dents agissant simultanément : Cela revient à mettre la première dent de chacune des circonférences de rangs pairs en retard d'un demi-intervalle, sur la dent de même ordre des circonférences de rangs impairs : les 48 dents sont alors sur douze rangs longitudinaux de quatre chacun, ou sur 12 génératrices équidistantes : quatre dents commencent à piocher et exigent le maximum d'effort en même temps que quatre autres sont au milieu de leur course et n'exigent à peu près que la moyenne de l'effort. La traction sera plus uniforme : le cylindre denté marchera à peu près comme un prisme dodécagonal que l'on ferait rouler.

56. Si l'on veut que deux dents seulement arrivent simultanément sur le sol, les 48 dents sont placées, par deux, sur 24 génératrices équidistantes. Enfin, on peut même admettre que chaque dent arrive isolément, et à son tour, au travail : le cylindre est alors partagé sur sa circonférence en quarante-huit longues bandes égales et il n'y a qu'une dent pour chaque partie. Dans ce cas, il y a des dents à toutes les phases du piochage et la résistance est aussi uniforme que possible.

57. On peut dire, dans cette manière de répartir les dents, que celles de même ordre, de chacune des circonférences dentées, sont placées sur des hélices. Ainsi la première dent de la deuxième circonférence étant en retard, sur la première dent de la première cir-

conférence de la moitié d'un écartement angulaire des dents, l'on peut dire que les quarante-huit dents sont placées, par 8, sur 6 hélices ayant sur l'axe du cylindre une inclinaison telle que sa tangente trigonométrique est égale au quotient de la moitié d'un intervalle E des dents, sur la circonférence, par l'écartement S de deux sillons. Il y a alors quatre dents venant simultanément piocher le sol.

58. Si la première dent de la seconde circonférence est en retard sur celle de la première d'un quart seulement de l'intervalle E, les dents sont placées, par 8, sur 6 hélices moins inclinées que dans le cas précédent, puisque la tangente trigonométrique est deux fois plus petite : alors les dents ne viennent simultanément en contact avec le sol que par deux. Enfin si l'on ne veut qu'une dent, venant piocher le sol à chaque instant, l'hélice a le minimum d'inclinaison.

59. Cette disposition des dents suivant l'hélice extrême a pour effet d'atteindre le maximum d'énergie dont la herse roulante d'un poids donné est capable, tout en régularisant autant que possible la résistance que l'attelage doit vaincre. C'est donc ce dernier mode de répartition qui doit être conseillé.

CHAPITRE II

HERSES ROULANTES COMPOSÉES OU A PLUSIEURS ROULEAUX.

§ 1. — Rouleaux à rotations indépendantes.

60. Si, pour un nombre donné de sillons à ouvrir, on répartit les dents sur deux, trois ou quatre rouleaux se suivant, on se procure plusieurs avantages considérables : 1° une augmentation d'énergie, si les cylindres ou noyaux sont de même poids qu'un seul ; 2° les circonférences dentées sont, sur chacun des rouleaux, deux, trois ou quatre fois plus écartées, ce qui empêche l'accumulation, entre les dents, des herbes ou des racines retenues par de la terre plus ou moins collante ; 3° les rouleaux dentés se suivant peuvent être assez rapprochés l'un de l'autre pour que leurs dents se nettoient réciproquement.

61. Nous avons représenté, dans les figures 7 et 8, la surface développée des deux rouleaux successifs A et B d'une herse roulante de 96 dents en numérotant ces dents. On voit que celles-ci peuvent être considérées comme placées sur des hélices dans tous les sens.

Sur le premier rouleau, sont les dents impaires. Chaque dent arrive à son tour et seule en contact avec le sol. L'hélice marquée en trait plein contient les dents qui travaillent successivement dans l'ordre

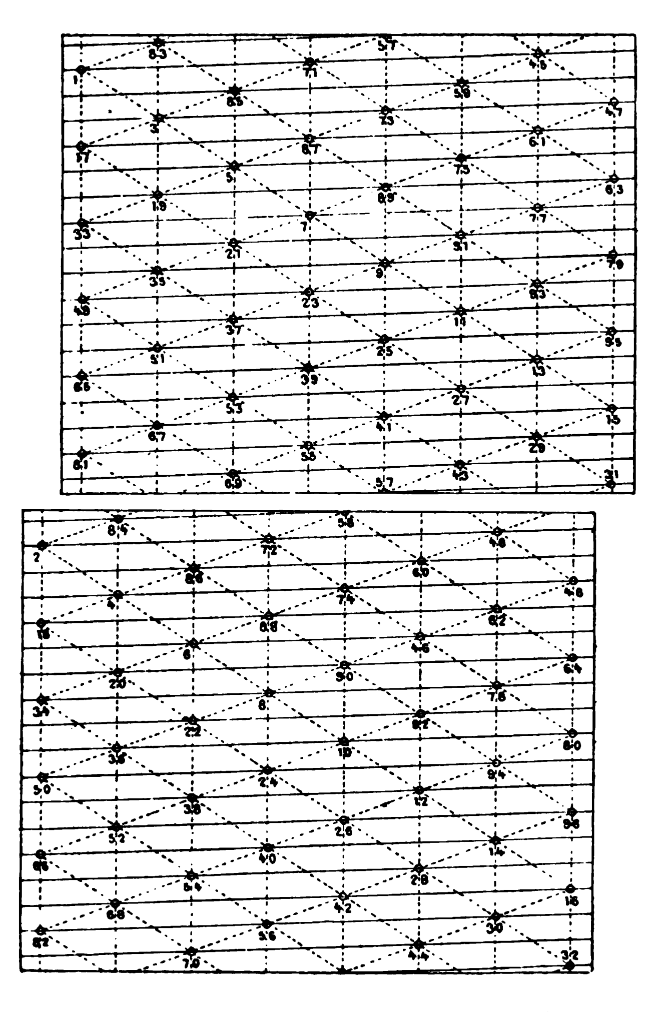


Fig. 7. — Développement des deux rouleaux dentés.

suivant : 57, 83, 45, 71, 1, 59, 85, 47, 73, 3, 61, 87, 17, 75, 5, 63, 89, 19, 77, 7, 33, 91, 21, 79, 9, 35, 93, 23, 49, 11, 37, 95, 25, 51, 13, 39, 65, 27, 53, 15, 41, 67, 29, 55, 81, 43, 69, 31, puis 57 revient. En même temps le second rouleau roule

et pioche aux points marqués sur la figure, dans sa partie inférieure, 58, 84..... 70 et 32.

62. La herse roulante d'un seul rouleau est analogue à une herse parallélogrammatique traînante, dont toutes les dents sont placées sur un seul rang transversal, sur une seule traverse, comme celles d'un rateau; sauf qu'ici les trous peuvent être faits simultanément ou non, comme nous l'avons vu. Les herses roulantes à deux, trois ou quatre rouleaux représentent des herses traînantes parallélogrammatiques dont les dents sont réparties sur deux, trois ou quatre rangs transversaux, de travail simultané.

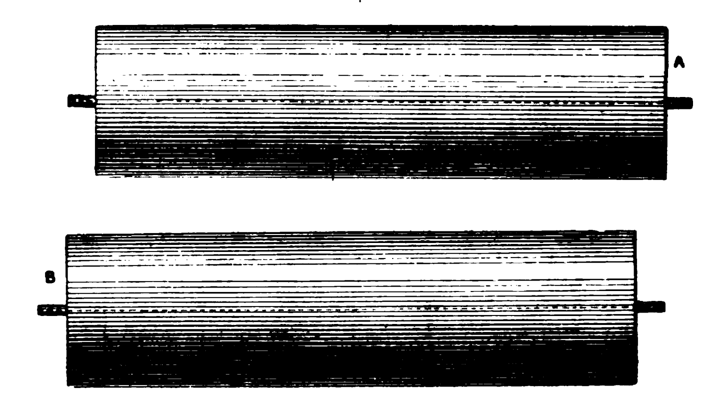


Fig. 8. Noyaux des deux rouleaux dentés dans leurs positions relatives.

63. Nous conseillons les herses à trois rouleaux tournant par des tourillons reposant dans des boîtes à graisse bien disposées et fixées aux limons articulés d'un cadre, pour que les trois rouleaux reposent toujours chacun librement sur le sol, quelles que soient les inégalités de celui-ci.

§ 2. — Rouleaux à rotations solidaires.

64. Peut-il y avoir quelque avantage à solidariser les mouvements de rotation des deux, trois ou quatre cylindres composant une herse norwégienne? Cette question est très complexe : on peut, en effet, solidariser la rotation de deux rouleaux en leur conservant des vitesses égales, ou en leur donnant des vitesses différentes, de même sens ou de sens opposés. Nous allons étudier ces divers cas.

65. *Premier cas.* — Pour que les deux rouleaux aient la même vitesse de rotation et tournent de même sens, solidairement, on cale sur l'axe de chaque cylindre des roues d'engrenage de même diamètre A et B avec une roue intermédiaire folle, C, les conduisant (fig. 9). Dans ce cas, le roulement se fait absolument comme si les rouleaux étaient libres; sauf que, par un réglement convenable du calage des roues d'engrenage, on peut obtenir, par cette solidarisation, que les dents du second rouleau ne viennent pas en contact avec le sol en même temps que celles du premier; de sorte que, pour l'ensemble des deux rouleaux, chacune des dents vienne à son tour et seule en contact avec le sol. Cet avantage est tout à fait insignifiant à notre avis. On a, il est vrai plus de régularité, dans le piochage, puisque les trous faits par les dents du premier rouleau sont en quinconces avec ceux du second.

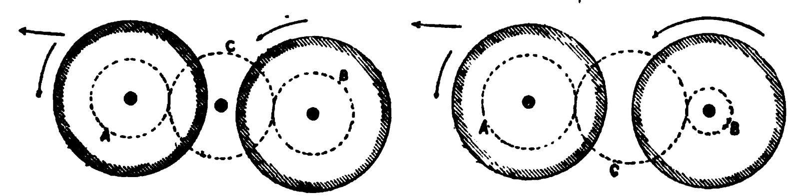


Fig. 9. — Vitesses égales et de même sens aux deux rouleaux.
Fig. 10. — Le second rouleau a une vitesse double et de même sens que celle du premier.

66. Les inconvénients de cette solidarisation sont : 1° Une certaine perte de travail moteur de l'attelage due au frottement des dents des engrenages; 2° une augmentation du prix de l'instrument.

67. *Deuxième cas.* — On peut prendre le premier rouleau comme moteur en lui donnant comme fonction ordinaire de faire tourner le second dans le même sens avec une vitesse plus grande, double, par exemple. Pour cela, il faut placer (fig. 10) sur l'axe du second rouleau une roue dentée B d'un diamètre deux fois plus petit que la roue droite A calée sur l'axe du premier rouleau : la roue intermédiaire C faisant communiquer les deux rouleaux (fig. 10) pouvant avoir un diamètre quelconque.

68. Supposons, par exemple, que l'on fasse ainsi tourner le second rouleau deux fois plus vite. Les racines B de ses dents font deux tours pendant que les axes O parcourent un chemin égal au déve-

loppement d'une circonférence du cylindre. Donc, la racine de chaque dent du second rouleau a une vitesse de rotation double de sa vitesse de translation. Cette racine parcourt donc (fig. 11) une cycloïde raccourcie, B_{25}-B_5, et la pointe de la dent une cycloïde de prolongement raccourcie D_{25}..... D_{26}..... D_{30}..... D_1, D_2..... D_5. Pendant que le point B du rouleau décrit la fin de cycloïde rac-

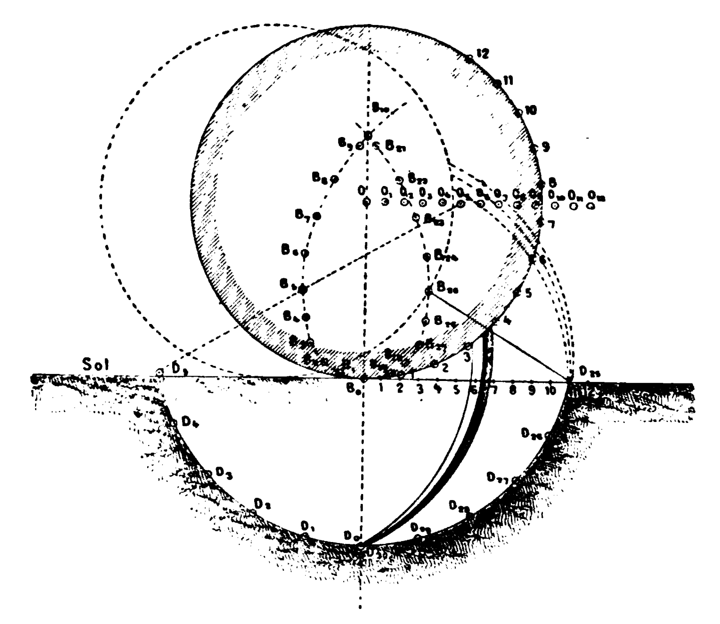


Fig. 11. — Epure du parcours d'une dent ayant une vitesse de rotation double de celle de translation.

courcie B_{25}, B_{26}..... B_0 et le commencement d'une cycloïde identique B_0, B_1..... B_5, la pointe de la dent pénètre dans le sol en D_{25} parcourt l'arc de cycloïde de prolongement D_{26}..... D_1..... et sort en D_5. Cette dent a donc pioché sur une longueur de 110 millimètres pendant que le centre du rouleau ne s'est avancé que de 50 millimètres ; c'est-à-dire pendant que le premier rouleau a roulé sur le sol de 50 millimètres seulement. Avec deux fois moins de dents, sur le rouleau tournant avec une vitesse double de celle du premier, on fera donc sensiblement le même piochage.

69. Si les dents sont droites rayonnantes, elles arrivent sur le sol en *sabrant*, comme si le rouleau était libre : elles *pointent* bien si on leur donne la forme courbe en développante de cercle. Nous

ne voyons donc, à la multiplication de vitesse du second rouleau, pas d'autre avantage que de permettre d'y fixer deux fois moins de dents, pour le même travail, ou de piocher deux fois à la même place, avec le même nombre de dents, ce qui ameublit mieux le sol. Ces avantages nous paraissent médiocres. Les inconvénients sont : 1° un accroissement notable du travail moteur nécessaire pour vaincre le frottement des engrenages ; 2° la perte d'une partie de ce travail par le choc plus violent des dents contre le sol ; 3° l'augmentation du prix de l'instrument.

70. *Troisième cas.* — Si l'on veut solidariser les deux rouleaux

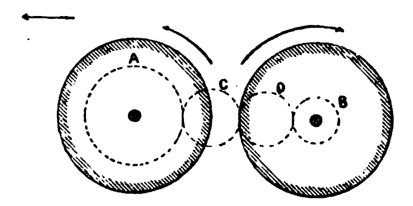


Fig. 12. — Le second rouleau a une vitesse de rotation double et de sens contraire de celle du premier.

d'une herse roulante en les faisant tourner avec des vitesses différentes et de sens contraire, il faut fixer sur les axes des deux cylindres des roues d'engrenages inégales se conduisant directement, en principe; mais, en pratique, il faut (fig. 12) employer 2 roues intermédiaires.

71. Alors, pendant que le premier rouleau roule sur le sol et que le point B″ décrit une cycloïde ordinaire B''_1....., B''_{15}..... B''_{30}, le point B′ du second rouleau tourne avec une vitesse de rotation double et de sens opposé à la vitesse de translation commune aux deux rouleaux : le point B′ décrit donc une cycloïde raccourcie à moitié, renversée ; et la pointe D'_0 de la dent, supposée (fig. 13) à son plus grand enfoncement, *sabre* la terre en avançant de B'_{60}, D'_{60} en B'_{59}, D'_{59}.... en s'inclinant de plus en plus sur la verticale et finissant par *pelleter* la terre en la jetant en avant en $B_{35}B_{35}$. Bientôt la pointe de la même dent vient en D'_5 *sabrer* le sol avec une inclinaison très forte sur la verticale : elle pénètre de plus en plus en se redressant jusqu'à devenir verticale, dès qu'elle atteint toute l'entrure possible. Cette dent pioche donc sur une longueur de 206 millimètres; de sorte qu'avec une seule dent par circonférence, il n'y

aurait que 30 p. 100 de la longueur parcourue qui ne serait pas piochée : on fera donc un bon travail en mettant trois dents seulement au second rouleau : ou bien ou ameublira la terre par un piochage répété en conservant six dents au second rouleau comme au premier. Cette solidarisation du second rouleau avec une vitesse double contraire à celle du premier a pour avantage de piocher

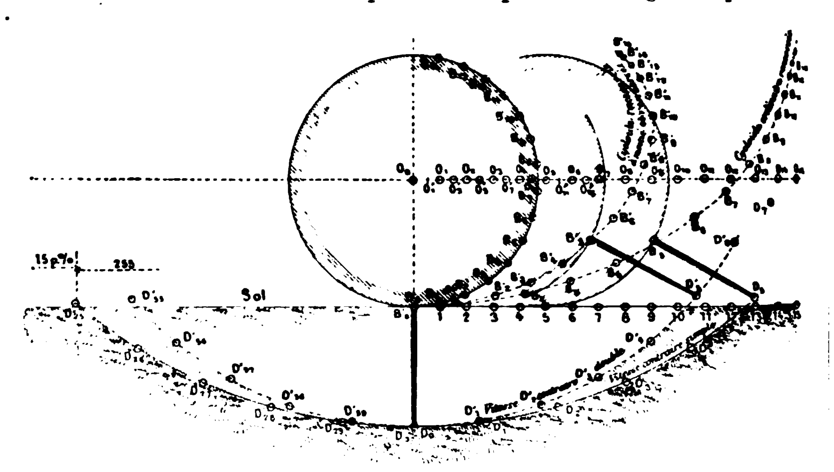


Fig. 13. — Epure du parcours des dents d'un rouleau ayant une vitesse de rotation de sens contraire à celle de translation et égale ou double de celle-ci.

plus complètement, avec le même nombre de dents ou même un nombre moindre, ou de faire un piochage répété deux ou trois fois en conservant le même nombre de dents. Les inconvénients sont les mêmes que précédemment.

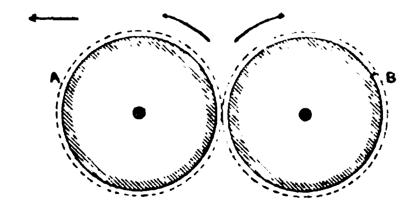


Fig. 14. — Les deux rouleaux ont des vitesses de rotation égales et de sens contraires.

72. *Quatrième cas*. — Si l'on veut solidariser les deux rouleaux en leur donnant des vitesses de rotation contraires et égales, il suffit en principe que les deux rouleaux se conduisent l'un l'autre par une seule paire d'engrenages de rayons égaux (fig. 14) ; mais en pra-

tique, il faut placer deux roues intermédiaires de diamètres quelconques. Si, par exemple la roue B, placée sur le second rouleau, est identique (fig. 14) à celle A calée sur le premier cylindre, la vitesse du second rouleau denté, en sens contraire du premier, sera égale. Le piochage est alors à peu près ce qu'il était dans le cas précédent (inégalité de vitesses contraires) ; seulement le piochage de chaque dent a lieu sur 255 millimètres pour 300 de parcours de la herse : il y aurait donc seulement 15 p. 100 de parcours qui ne serait pas pioché s'il n'y avait qu'une dent par circonférence : en supposant deux dents, toute la longueur sera suffisamment piochée. La pointe de la dent va de B_3D_5 en B_0D_0 et B_{25} D_{25}.

73. Si, au contraire, le second rouleau porte une roue d'engrenage double de celle du premier rouleau, le rouleau conduit fait deux fois moins de tours que le premier : la dent pénètre en terre en pointant obliquement, puis se redressant de plus en plus jusqu'à devenir verticale au maximum d'entrure, puis elle sort du sol en s'inclinant de plus en plus, par rapport à cette verticale en s'élevant sans piocher ni rejeter la terre, mais en la raclant.

74. Ainsi, de toutes les hypothèses que l'on peut faire sur la solidarisation des deux rouleaux dentés composant une herse roulante, la seule qui présente un avantage marqué, sans inconvénients sensibles, est la solidarisation directe des deux axes par deux roues d'engrenage égales.

75. Si les dents de deux rouleaux ainsi solidarisés sont en même nombre sur chaque circonférence et réparties suivant la règle que nous avons donnée ci-dessus, la solidarisation avec ses avantages aura l'inconvénient de faire des sillons mieux piochés par le second rouleau que les sillons intermédiaires faits par les dents du premier rouleau. On ne peut donc, avec ce mode de solidarisation, adopter le meilleur mode de répartition des dents.

76. Pour avoir tous les avantages possibles, nous proposons d'adopter deux rouleaux dentés, à dents réparties suivant la règle que nous avons donnée, et de solidariser un troisième rouleau égalisant le piochage : ce rouleau aurait le même nombre de dents que l'ensemble des deux autres, mais il tournerait en sens contraire, avec la même vitesse qu'eux. Il suffit de mettre ce rouleau après les deux autres et de faire conduire l'un par l'autre ces trois rouleaux à l'aide de six roues d'engrenages identiques convenablement placées.

77. En donnant, à ce rouleau égalisateur complémentaire, une vi-

tesse double de celle des deux autres, on ne gagnerait rien en efficacité, et on perdrait un peu plus de travail moteur que dans le cas précédent : la roue d'engrenage placée sur ce cylindre est alors deux fois plus petite que celles qui sont calées sur les autres rouleaux.

§ 3. — Herses roulantes segmentées et articulées.

78. Nous avons supposé jusqu'ici que les herses roulantes étaient rigides, c'est-à-dire composées de rouleaux dentés ayant une longueur égale à la largeur du terrain hersé. Dans cette disposition, il est visible que les terrains accidentés ne seraient pas également piochés par les dents sur toute la largeur de la herse. Si, par exemple, la herse passe sur un terrain concave, transversalement, les deux extrémités des deux rouleaux portent seules sur le sol et la partie creuse du terrain n'est pas ameublie par les dents. Réciproquement, si la herse marche sur un terrain en dos d'âne, elle ne porte que par son milieu; et la partie saillante du sol est seule piochée et ameublie.

79. A l'inconvénient que nous venons de signaler s'ajoute la difficulté, sinon l'impossibilité, de tourner court avec les herses roulantes rigides.

80. Pour supprimer ce dernier inconvénient, il suffit de diviser les longs rouleaux dentés des herses rigides en plusieurs tronçons indépendants enfilés sur un même axe : Ces tronçons pouvant tourner indépendamment l'un de l'autre, permettent des tournées courtes à chaque bout du champ : une moitié des tronçons tourne dans un sens pendant que l'autre moitié tourne en sens contraire.

80. On pousse cet avantage à sa limite en composant chaque rouleau denté d'une série de disques ne portant chacun qu'une circonférence armée de dents.

81. On ne supprime le premier inconvénient des herses roulantes rigides qu'en adoptant, pour chaque disque denté, un moyeu à grand œil; le diamètre de l'œil du moyeu étant plus grand que celui de l'arbre sur lequel ils sont enfilés, ces disques peuvent s'élever ou s'abaisser l'un par rapport à l'autre et par suite descendre dans les dépressions du terrain et s'élever sur les saillies. On a alors les herses roulantes articulées.

82. Cette segmentation et cette articulation des rouleaux dentés ne

permettent plus la répartition rationnelle que nous avons indiquée précédemment. On les restreindra donc, autant que possible, suivant la forme générale de la surface du sol, de manière à conserver les avantages d'une bonne répartition avec ceux d'une articulation suffisante.

83. Dans cette dernière forme, la herse roulante est, comme on le voit, un intermédiaire entre les herses traînantes, ordinaires ou articulées, et les rouleaux brise-mottes à dents, rigides ou articulés.

84. Réduite à un seul disque d'un très grand diamètre, armé à sa périphérie de dents crochues, disposées sur deux circonférences normales à l'axe, la herse roulante porte le nom de *défonceuse Guibal* du nom de son inventeur, un cultivateur des environs de Toulouse.

85. On fait passer cet instrument derrière une charrue ordinaire et l'on fait ainsi un profond défoncement ou sous-solage dans les terrains les plus durs.

86. En disques d'un grand diamètre enfilés sur un arbre commun, la herse roulante devient un rouleau piocheur d'une grande efficacité. Enfin, si les deux ou trois rouleaux dentés sont portés par un bâtis à roues et avant-train, muni d'un moyen de déterrage mécanique, on a une espèce de scarificateur roulant d'un bon emploi.

87. L'analogie d'action entre la herse roulante et les rouleaux brise-mottes, fait comprendre que les perfectionnements successifs de ces derniers ont nui à la propagation des herses roulantes qui ont l'inconvénient d'être assez coûteuses. Les herses traînantes bien faites alternant avec des rouleaux *crosskills* ou annelés remplaceront toujours suffisamment bien les herses roulantes, tout en étant en outre employables à d'autres travaux que l'émiettement des mottes.

88. Mais si, dans les travaux ordinaires d'ameublissement de la surface et d'émiettement des mottes, la herse roulante peut être remplacée par les herses traînantes et les crosskills, le principe de la herse roulante peut être avantageusement employé dans les sols à croûte dure, pour le *défoncement* derrière une charrue et l'exécution de piochages rapides pouvant remplacer des labours ou de forts hersages.

DEUXIÈME PARTIE : ÉTUDE PRATIQUE

CHAPITRE PREMIER.

DÉFONCEUSE ROULANTE DE GUIBAL

89. M. Armand Guibal a pris, en 1851, un brevet d'invention pour une *défonceuse rotative*; et, depuis cette époque, il n'a cessé d'améliorer l'instrument primitif, en cherchant à tirer de l'idée première tout le parti possible : et il a aussi imaginé, comme complément, le rouleau piocheur.

90. La défonceuse, dans toute sa nouveauté, a été fort bien accueillie au concours agricole régional de Toulouse où elle obtint une médaille d'argent, puis au concours général de Versailles, où M. Guibal reçut la médaille d'or. D'après le rapport du jury, la défonceuse ouvrit une raie de soixante centimètres de profondeur. Nous avons revu cet instrument à l'Exposition universelle et internationale de 1855; puis pendant quelques années elle fut employée, copiée ou imitée et améliorée. Mais, depuis plus de quinze ans, elle est à peu près oubliée. Voici comment agit cet appareil :

91. Supposons qu'une charrue ordinaire vienne de creuser une raie de $0^m,20$ de profondeur et que, pour préparation à une récolte de betteraves, luzerne, etc., on veuille ameublir le sous-sol au fond de la raie ouverte, sur une nouvelle profondeur de vingt centimètres. On peut employer, pour ce travail de sous-solage, une charrue fouilleuse composée de deux ou trois fortes dents de fer et acier. Traînée par quatre ou six chevaux, cette charrue ouvrira le sous-sol, car les dents s'introduiront comme des coins dans cette terre durcie et la feront éclater en mottes plus ou moins grosses; mais il est clair que l'énorme pression que transmet le coin aux flancs de la jauge ouverte dans une masse résistante entraînera la dépense d'une grande traction.

Supposons, actuellement, qu'au lieu de traîner ainsi une fouilleuse, on enfonce sur le fond de la jauge, et de vingt en vingt centimètres, une fourche à deux dents, et que, chaque fois, en appuyant sur le manche, on enlève en la brisant une motte de vingt centimètres en trois sens. Ce serait le travail d'un homme qui avec une fourche à deux dents enlèverait au fond de la raie *un fer de bêche*

en marchant à reculons. Est-il besoin de réfléchir longtemps pour comprendre que la terre présente moins de résistance à ce piochage direct qu'au sous-solage que fait une charrue fouilleuse. Eh bien! la défonceuse Guibal agit comme l'homme avec sa fourche. Chaque paire de dents vient, à son tour, s'enfoncer verticalement en terre et l'attelage en tirant sur le centre du disque denté fait le même effet que l'homme qui appuie sur le manche de sa bèche pour détacher la motte de terre. La défonceuse roulante est donc assimilable à une suite continue de fourches à deux dents qui s'enfoncent dans le sol et l'ébranlent en détachant des mottes qu'elles laissent derrière elles. Le conducteur de la défonceuse Guibal marche à la gauche de la machine sur le sol non remué et il la tient en équilibre ou d'aplomb, dans la voie à l'aide d'un levier fixé sur l'essieu.

92. Nous avons dit que les dents de la défonceuse roulante s'enfonçaient verticalement en terre au fur et à mesure de l'avancement de l'axe ou du roulement de la jante. Cela est absolument vrai lorsque les dents ont la forme d'une développante de cercle comme dans la figure 2. Toutefois, l'inventeur prend une courbe intermédiaire entre la développante et le rayon qui passe par sa pointe. Il est facile de voir, par la comparaison des figures 1 et 2 qu'avec cette courbe intermédiaire la dent presse un peu d'avant en arrière pendant la première partie du piochage ou l'entrée; et qu'elle agit encore de même pendant la sortie ce qui a l'avantage de projeter un peu la motte vers l'arrière tout en brisant peut-être mieux la terre que la dent en pure *développante*.

93. Les dents de la défonceuse ont 30 centimètres de longueur. L'expérience a fait reconnaître à l'inventeur que, pour produire tout leur effet, les dents doivent pénétrer complètement et qu'un poids de 480 kilogrammes suffit dans les sols de moyenne consistance. C'est le poids minimum donné à la défonceuse : mais la pression peut être augmentée par l'addition d'un coffre rempli de pierres, ou de *gueuses* de fonte d'une forme spéciale mises entre les rayons de la défonceuse. Nous avons démontré l'inconvénient du premier mode de chargement : le chargement direct est le seul à conseiller.

94. Les dents entrant verticalement en terre par l'action du poids total de l'instrument, la traction motrice nécessaire est en quelque sorte égale à une espèce de frottement de roulement dû à ce poids, augmenté du frottement des tourillons et des décrottoirs. Mais la machine roulant sur le sol, le frottement principal est un frotte-

ment de rouleau toujours beaucoup plus faible pour le même poids que le frottement de glissement. Il s'ensuit que, malgré la lourdeur de la défonceuse roulante, la traction qu'elle exige est moins considérable qu'on le croirait au premier abord. Et cette traction est d'autant plus faible que le diamètre de la jante est plus grand, comme nous l'avons prouvé.

95. L'inconvénient inhérent aux très grands diamètres est la difficulté de maintenir l'aplomb, difficulté que l'on peut vaincre en ajoutant des roues de support. Du reste, l'avantage dû aux grands diamètres compense largement cet inconvénient. Il faut, suivant M. Guibal, de deux à quatre chevaux ou bœufs suivant les circonstances.

96. M. Guibal, pour faire comprendre la différence de résistance que présentent les dents en *rotation* et les dents *traînantes*, enrayait le disque de manière qu'au lieu de rouler sur le fond de la raie, il y glissait. Alors il fallait quatre paires de bœufs pour que les dents déchirassent le sol en traînant. Voici ce que dit M. Guibal de l'emploi de sa défonceuse : « La palette placée derrière la défonceuse, pour débarrasser les dents de la terre qu'elles remontent, la fait retomber, en la pulvérisant, dans le sillon, où elle est couverte par celle provenant d'un nouveau sillon que la charrue ouvre à côté, cette disposition laisse toujours à la surface la terre que les amendements et les fumures précédentes ont fertilisée. Il existe cependant certaines terres dont le sous-sol vaut mieux que les couches supérieures; d'autres où le mélange du sol et du sous-sol change la stérilité la plus complète en grande fertilité. Le sous-sol argileux de la Sologne, mélangé avec les couches sableuses du sol supérieur détruirait les causes d'infertilité de cette partie de la France. Dans des conditions moins exceptionnelles, certaines cultures exigent aussi ce mélange des couches inférieures avec les couches supérieures. Toutes les plantes, fourrages ou récoltes sarclées, dont la racine s'enfonce profondément dans le sol, demandent de pareils défoncements. Les grandes luzernes, les garances, les betteraves, les maïs, etc., sont de ce nombre. Pour la culture de ces plantes, il faut encore plus de fertilité dans les couches inférieures que dans les couches supérieures; car c'est à mesure qu'elles se développent qu'elles exigent une nourriture plus abondante; et que leurs racines vont la chercher dans les couches les plus inférieures. C'est pour arriver à placer ces plantes dans de pareilles

conditions de végétation qu'on défonce, à grands frais, à la main, dans le midi de la France, les terres où elles doivent être cultivées.

97. » Lorsqu'on veut obtenir ce résultat au moyen de la machine à défoncer, il faut enlever la palette placée sur l'arrière du cadre : la seconde palette placée sur le devant agit seule alors : elle ne détache la terre, que les dents ont élevée, qu'au moment où elle atteint le sommet de la roue : cette terre est reçue sur deux plans inclinés placés de chaque côté de la machine, et portée en dehors du sillon.

98. » Par suite de ce travail, le sillon est approfondi et creusé; la machine peut alors repasser plusieurs fois dans le même sillon et l'approfondir à volonté sans augmentation de tirage. Il faut du reste avoir le soin de passer en entier l'essieu, rendu mobile à cet effet, du côté ou la terre n'est pas encore travaillée. La profondeur du sillon n'a d'autre limite que la hauteur de l'essieu de la roue qui finirait par traîner sur le sol. Or, comme on peut construire les roues d'un diamètre plus ou moins grand, cette défonceuse est incontestablement la seule machine agricole dont la profondeur du défoncement ne soit pas limitée.

99. » Cette machine à défoncer attaquant la terre comme le hoyau ou le *pelleversoir* à deux dents n'exerce pas, comme toutes les charrues sous-sols, au moment de leur introduction, une pression d'autant plus grande que la terre est plus résistante, celle-c étant obligée de se serrer pour faire place à l'instrument défonceur. Ces charrues ne brisent que la terre qui se trouve au-dessous du soc, et laissent plus compacte et plus serrée qu'avant leur passage, la terre du dessous et des côtés. Cet effet peut être comparé à celui que produirait l'introduction d'un coin dans une matière compacte.

» Si le soc des charrues sous-sol est très mince, il évite en partie ces inconvénients; mais alors le défoncement est insignifiant, et, dans les terres compactes, où cette opération est principalement nécessaire, le passage de l'instrument ne laisse d'autre trace qu'une coupure qui se trouve resoudée peu de temps après : ces défoncements produisent peu d'effet, et cet effet n'a pas de durée.

100. » Tous les agriculteurs savent avec quelle difficulté on parvient à ameubler les terres, lorsqu'on défriche de vieilles luzernes; il n'existe pas de charrue convenable pour ce travail : toutes coupent les racines à la hauteur où elles les rencontrent. La défonceuse, dans son mouvement de rotation; attaque ces racines avec tant de

vigueur, qu'en opérant un défoncement dont la profondeur ne dépasse pas cinquante centimètres, les racines sont souvent arrachées dans toute leur longueur qui est quelquefois de plus d'un mètre. Les hommes pratiques en agriculture apprécieront surtout la régularité de travail, qui, dans ce nouveau moyen de défoncement, ne dépend ni de l'habilité ni de la bonne volonté de l'ouvrier conduisant la machine : celle-ci s'enfonçant dans la terre, par suite d'un poids mis en rapport avec la ténacité du sol, opère un défoncement régulier et d'une profondeur égale.

102. » Le levier dirigeant la machine est appliqué sur l'essieu : cette disposition rapproche le conducteur de son attelage et empêche qu'il ne marche dans les sillons sur la terre travaillée, tout en lui donnant la force nécessaire pour conduire la défonceuse sans aucune fatigue. La manière dont cette machine est conduite laisse croire à quelques personnes que deux roues offriraient un moyen plus commode : voici ce que l'expérience nous a démontré à cet égard : deux roues à crémaillères afin d'en varier à volonté la hauteur, ont l'inconvénient d'augmenter le tirage de la défonceuse : outre le frottement qu'elles produisent, chacune d'elles porte une portion du poids destiné à l'enfoncement des dents, ce qui nécessite une augmentation de charge qui, en définitive, est toujours supportée par les bœufs ou chevaux, sans aucune utilité pour le travail. Cette machine à défoncer, avec sa palette supérieure et ses plans inclinés acquiert une très grande importance, par suite de son application à divers travaux agricoles que jusqu'ici, la main de l'homme pouvait seule exécuter à grands frais. »

CHAPITRE II

ROULEAUX PIOCHEURS.

102. Le rouleau piocheur de M. Guibal est l'application de la herse roulante à un travail d'une assez grande profondeur tenant de ceux du scarificateur et d'un lourd rouleau crosskill. Il se compose de douze disques ou anneaux en fonte armés chacun de 18 dents de douze centimètres de longueur : les six disques de droite dont les moyeux engrènent l'un dans l'autre sont solidaires et tournent ensemble, indépendamment de la moitié de gauche solidaires aussi. On a ainsi un rouleau denté en deux tronçons indépendants,

ce qui permet de tourner assez court. Les tournées se feraient encore plus facilement si tous les disques étaient indépendants l'un de l'autre : mais le rouleau ne piocherait plus : il ferait seulement l'effet d'une herse roulante énergique; tandis que les disques solidaires présentent au sol des espèces de fourches à plusieurs dents qui, attaquant ensemble une certaine largeur de terre durcie, font l'effet d'une large pioche et rompent parfaitement la croûte du sol. Les douze anneaux dentés sont portés par un essieu fixé par des paliers sous un cadre en bois portant à l'avant une flèche ou timon raide, lorsqu'on emploie les bœufs au joug, ou bien une paire de limons ou brancards si l'on attelle un ou deux chevaux.

103. La solidarité des disques permet à la terre d'adhérer entre eux et entre les dents; et comme cette terre durcit pendant le travail et s'accumule sans cesse, il faut un décrottoir formé d'un grand nombre de petites palettes dont les tiges courbes un peu flexibles sont fixées sur la traverse d'arrière du bâti portant les mancherons, et réunie à l'avant par des charnières. Cette traverse et les décrottoirs qu'elle porte peuvent se soulever spontanément lorsque la résistance que présente la terre, adhérant au rouleau, est trop forte. Le conducteur peut soulever les décrottoirs lorsqu'il est besoin de les dégager.

104. Nous avons vu fonctionner ce rouleau, attelé de deux chevaux, à Ivry (Paris) dans une terre quelque peu ameublie déjà, mais assez humide pour quelle s'attachât entre les dents. Le travail fait était très bon. Ainsi, deux chevaux piochaient et émiettaient le sol sur une largeur de $1^{m},20$. Comme l'attelage pourrait parcourir en une journée de travail environ dix-huit kilomètres, on ferait par jour plus de deux hectares. M. Guibal se servait de son rouleau piocheur pour recouvrir les semailles de toutes espèces qui, dans le pays, sont enfouies avec l'araire.

105. « Une seule paire de bœufs fait autant de travail que quatre paires avec l'araire, et nous obtenons une économie de semences d'un quart au moins. Nos semis sont beaucoup mieux espacés que ceux qui se font avec la herse : celle-ci présente presque toujours l'inconvénient de ne pas enterrer les semences sur place et de les entraîner irrégulièrement par suite de son passage qu'il faut souvent réitérer plusieurs fois. Beaucoup de graines d'ailleurs ne sont pas bien recouvertes par la herse : le rouleau piocheur recouvre les graines sur la place même où elles tombent, dans un passage, à

une profondeur égale et n'en laisse aucune sans la recouvrir de terre parfaitement émottée.

106. » Comme rouleau sarcleur, il nous rend aussi de très grands services. Pour l'employer à cet usage, il suffit d'enlever les roues piocheuses qui correspondent aux lignes roulantes que l'on veut sarcler. Pour nos maïs semés en lignes d'une manière assez irrégulière, nous enlevons les quatre roues du milieu : nous sarclons ainsi deux lignes de maïs. Quand les pieds de maïs sont assez élevés pour que l'essieu du rouleau puisse les courber et leur nuire, nous décomposons notre rouleau en deux ou trois sarcleuses, suivant l'espacement des plantes : chacune de ces sarcleuses est traînée par un seul bœuf ou un seul cheval, qui passe alors, ainsi que le conducteur, entre les lignes des plantes sans les toucher. Le rouleau piocheur et les sarcleuses ont des mancherons en fer, utiles surtout pour les sarcleuses.

107. » Le poids minimum du rouleau piocheur est de six cents kilogrammes. On augmente ce poids à volonté en le chargeant sur les côtés du cadre, ou sur le milieu, lorsqu'il fonctionne comme rouleau sarcleur »... L'emploi de ce rouleau sur une ferme produit une immense économie. Nous défonçons profondément nos terres avec une forte charrue suivie d'une défonceuse, et nous en cultivons ensuite fréquemment la surface au moyen d'un rouleau piocheur, qui fait dans ce cas un travail bien préférable à celui de la charrue, travail plus rapidement exécuté, plus économique surtout. »

108. Les notes que nous venons de transcrire datent de 1856. A cette époque, la défonceuse Guibal fut le sujet d'un certain engouement qui ne dura pas longtemps. M. Roland, alors professeur de zootechnie, et M. le baron Thénard firent quelques améliorations à cet instrument ; puis le silence se fit sur la culture par appareils roulants. Le principe de la défonceuse roulante et du rouleau piocheur méritait mieux, comme notre étude théorique le prouve.

CHAPITRE III

HERSES NORVÉGIENNES A DÉTERRAGE.

109. Un autre genre de herse norvégienne, capable de faire de forts hersages et de briser les mottes ou la croûte d'un sol compact, est celle que l'on a construite en Angleterre pendant quelques années.

Elle se compose de deux ou trois rouleaux formés de molettes en fonte ayant chacune six dents rayonnantes de $0^m,152$ de longueur. Le châssis qui porte les axes de ces rouleaux est suspendu à un second châssis supporté par deux roues et un avant-train pivotant. Au moyen d'un mécanisme élévatoire analogue à ceux des scarificateurs, le châssis des rouleaux peut être soulevé, assez haut, pour que les dents soient tout à fait hors terre, ou descendu assez bas, pour que les dents pénètrent en terre d'environ douze centimètres. En tournant une roue-gouvernail à quatre poignées, la vis qui en est solidaire est poussée au travers du mamelon d'un levier, de sorte que le haut de ce levier et le sommet de l'avant-train sont poussés en avant, ce qui fait abaisser l'axe des roues d'arrière et celui de la roulette formant avant-train. Le sol résistant à la pression des roues réagit par les axes des leviers et soulève le châssis entier, car l'espèce de bâti qui porte les rouleaux est boulonné sur le bâti proprement dit qui porte les axes horizontaux des leviers. Lorsque la machine est en travail, les dents des deux rouleaux se *peignent* réciproquement. Cette herse a un double effet : tout en agissant pour briser les mottes à la surface, les dents pénètrent assez profondément pour déchirer la terre à la façon d'un scarificateur, avec un émiettement parfait, grâce au grand nombre de dents qui agissent simultanément. Ainsi, ce n'est pas seulement pour briser les mottes, travail important de jachère pourtant, que la herse norwégienne est utile ; elle réduit, en outre, la couche de terre superficielle à un état de division suffisant pour former un bon lit de semences, pour le froment surtout, parce que le sol a non-seulement été émietté, mais aussi raffermi. Comme brise-mottes, le crosskill bien fait est préférable s'il a un poids suffisant.

110. Le prix de la herse norwégienne dont nous venons de parler était, vers 1855, de 378 fr.,12, pour une largeur de $1^m,216$. Elle était construite par M. *Stratton* de Bristol, et MM. Fowler et Fry. de la même ville. Actuellement, le prix serait d'environ 10 p. 100 de plus.

CHAPITRE IV

HERSES ROULANTES SOUPLES.

111. *Herse roulante souple.* — Pour recouvrir les semences fines, le rouleau uni est souvent employé : mais un instrument qui

pourrait, à lui seul, faire simultanément l'effet du rouleau et d la herse, c'est-à-dire presser et émietter serait pour ce cas particulier de graines très fines un précieux instrument. Une combinaison de ce genre se trouve dans la herse souple roulante (Harrow-Webb) inventée par M. Smith de Deanston. Elle se compose d'une suite de maillons en forme de lozanges, faits en fort fil de fer et réunis l'un à l'autre par une série de petits disques dentelés en fonte qui, pendant la marche de la herse, se tiennent à peu près verticalement et tournent en avançant ou roulent. Ils déchirent et pressent la surface du champ, brisent les plus petites mottes de façon qu'on obtient une petite épaisseur de sol émietté suffisant à recouvrir les graines fines et légères. En réalité les disques se tiennent toujours obliquement et c'est même par le frottement de leurs flancs bombés contre la terre, pendant qu'ils roulent, que ces disques sont surtout utiles, plus que par l'action de leur fine dentelure des bords qui a pourtant une certaine efficacité pour la pulvérisation de la terre. Primitivement, les petits disques n'étaient pas dentelés.

112. Cet instrument coûtait à Londres, en 1855, 143 fr., 75. Il faudrait aujourd'hui compter sur 160 fr. pour 2,25 mètres carrés. On emploie pour graines très fines, celles de prés, par exemple, la *herse-épines* qui gratte superficiellement le sol, mais sans la régularité de cette herse Cottam et Allen, ni même des herses à mailles traînantes.

NOTE RELATIVE A L'EMPLOI DES PHOSPHATES DANS LES ENGRAIS

PAR

A. PAGNOUL

Directeur de la station agricole du Pas-de-Calais.

L'agriculture doit surtout se préoccuper aujourd'hui des moyens de produire le plus économiquement possible, soit par l'emploi des machines pour épargner la main d'œuvre, soit par un usage plus judicieux des engrais pour éviter des dépenses improductives.

Cette dernière question est plus complexe que la première; elle dépend en effet de la nature si variable du sol, des exigences des plantes et du but que l'on veut atteindre en les cultivant. Sa solution

ne se compose pour ainsi dire que de cas particuliers, de sorte qu'en dehors de quelques principes généraux parfaitement établis, elle exige un grand nombre d'observations spéciales faites sur place et rentrant par conséquent dans le domaine des stations agricoles. Nous nous proposons de présenter, à ce point de vue, quelques observations et quelques faits relatifs à l'emploi des phosphates.

L'engrais parfait, l'engrais idéal, serait celui qui donnerait au sol tout ce qui lui manque et seulement ce qui lui manque pour fournir aux plantes les éléments nécessaires à leur complet développement ou à la production la plus abondante de leurs principes utiles. Or il est bien rare qu'un engrais satisfasse exactement à cette double condition et, en ce qui concerne particulièrement les phosphates, nous croyons que l'agriculture est aujourd'hui entraînée à des dépenses qui ne sont pas suffisamment rémunératrices.

Dans le courant de l'année 1877 nous avons fait un certain nombre de dosages d'acide phosphorique qui ont porté sur quelques centaines d'échantillons de terres pris sur différents points du Pas-de-Calais. Les résultats, qui ont été publiés en 1878, nous ont conduit à admettre que la proportion moyenne d'acide phosphorique sur nos terres est à peu près de 100 grammes par 100 kilos et cette proportion a varié entre 14 et 618 grammes. Or, non seulement l'emploi des superphosphates n'a jamais produit aucun effet sensible sur la terre qui a donné cette richesse exceptionnelle de 600 grammes environ d'acide phosphorique, mais sur une terre qui en contenait 177 grammes, l'emploi de 900 kilos de superphosphates à l'hectare, pour betteraves, n'a augmenté ni le rendement ni la richesse de la plante et, dans le département du Nord, M. Corenwinder a trouvé également que les superphosphates n'avaient rien produit sur certaines terres d'une richesse encore un peu moindre. L'introduction des superphosphates dans les engrais constituait donc pour ces terres une dépense inutile.

De nouveaux essais faits depuis, par MM. Corenwinder et Woussen, sur certaines terres moins riches du Pas-de-Calais ont conduit au contraire à des résultats favorables à l'emploi des superphosphates.

Ces dernières expériences ont eu un certain retentissement à cause de l'autorité et des noms justement estimés de leurs auteurs, et on en a immédiatement exagéré les conséquences. Peut-être aussi, en portant l'attention des cultivateurs sur les superphos-

phates, voulait-on essayer de la détourner un peu des nitrates dont l'emploi abusif pour culture de la betterave, exerce l'influence la plus fâcheuse sur la richesse saccharine.

Nous avons cru devoir chercher à les prémunir contre ce nouvel entraînement, qui peut occasionner annuellement à l'agriculture du Pas-de-Calais quelques centaines de mille francs de dépenses improductives, et nous avons été heureux de trouver un appui à cet égard dans l'opinion de M. Dehérain qui s'exprime ainsi dans l'un des derniers numéros des Annales.

« Les nombreuses expériences exécutées sur notre sol de Grignon nous montrent que ni les betteraves, ni le maïs fourrage, ni les pommes de terre, n'ont tiré aucun avantage de l'emploi des phosphates. Il est donc certain que le sol du champ d'expériences renferme assez de phosphate et que cette matière ne manquant pas au sol que nous cultivons, cesse pour ce sol d'être un engrais. Ce sol de Grignon est-il privilégié à ce point de vue; nous ne le pensons pas et nous n'hésitons pas à affirmer que l'emploi de plus en plus considérable de phosphates, que font les agriculteurs, n'a bien souvent aucune raison d'être; il y a là un véritable gaspillage d'argent qui passe très souvent inaperçu par suite de l'habitude qu'ont les cultivateurs d'employer les phosphates mélangés à des engrais azotés; ils obtiennent un supplément de récolte qu'ils ne savent à quelle cause attribuer. »

Sans nier aucunement le rôle des phosphates dans l'alimentation des plantes, nous avons donc engagé les cultivateurs à ne les employer que sur les terres qui en manquent et il nous a paru résulter des expériences faites jusqu'à ce jour que pour betteraves l'emploi des phosphates immédiatement assimilables, c'est-à-dire des superphosphates est nécessaire si le sol renferme moins de 100 grammes d'acide phosphorique par 100 kilos de terre, que l'on peut diminuer la proportion de ce sel si le sol renferme 100 à 160 grammes d'acide phosphorique et enfin que les superphosphates deviennent inutiles pour une richesse plus grande du sol. Peut-être cette limite serait-elle beaucoup plus reculée pour le blé.

Il est vrai que l'acide phosphorique du sol n'est immédiatement assimilable que dans une très faible part, mais on peut admettre que cette part reste dans un rapport à peu près constant avec la quantité totale et qu'une terre contiendra d'autant plus d'acide assimilable que sa richesse totale en phosphate sera plus grande.

On dit aussi que les engrais azotés, tels que les nitrates par exemple, ne doivent jamais être introduits dans le sol que mêlés dans un rapport convenable avec les phosphates. Nous n'avons jamais nié la nécessité de n'offrir à la plante que des aliments complets, mais si le sol renferme une quantité suffisante d'acide phosphorique assimilable, il est évident qu'une addition d'azote suffira pour que la plante trouve ces deux principes dans la proportion qui lui convient, une addition d'acide phosphorique pourra même troubler l'équilibre et si elle n'est pas nuisible elle sera tout au moins inutile.

On ajoute encore, qu'en supposant même le sol suffisamment riche en acide phosphorique, une addition de phosphate serait nécessaire pour empêcher son appauvrissement et compenser les pertes annuelles. Ceci est encore incontestable, mais il ne s'agirait plus alors que d'une réserve pour l'avenir et par conséquent au lieu d'introduire par hectare 500 kilos de superphosphate valant une soixantaine de francs, il suffirait de quelques centaines de kilos de phosphate naturel ou de noir en poudre impalpable dont le prix serait de 10 à 12 francs, ce qui représenterait, par hectare, une économie d'une cinquantaine de francs n'entraînant aucune diminution de rendement.

Les phosphates insolubles deviennent d'ailleurs solubles et assimilables sous l'influence des acides faibles qui se produisent naturellement dans le sol.

En 1846 M. Dumas constatait la solubilité du phosphate de chaux dans l'acide carbonique.

En 1857 M. Dehérain démontrait la solubilité des phosphates fossiles dans l'acide acétique et dans l'eau de Seltz, c'est-à-dire dans une dissolution d'acide carbonique sous pression et il retirait en outre de l'acide acétique des terres de bruyères ce qui expliquait pour ces terres l'efficacité des phosphates avec lesquels M. Bobierre a enrichi le sol de la Bretagne. En 1858 M. Paul Thénard a reconnu que l'acide phosphorique se trouve habituellement, dans les terres arables, uni à l'alumine ou au sesquioxyde de fer c'est-à-dire à l'état de phosphates insolubles dans les acides faibles et par suite qu'ils peuvent n'être d'aucun effet sur la végétation tant qu'ils n'ont pas subi une nouvelle métamorphose; d'après M. Dehérain celle-ci serait due à l'influence des carbonates alcalins ou même du carbonate de chaux; par double décomposition ils amènent à l'état soluble l'acide

phosphorique des phosphates des sesqui-oxydes; c'est ce que M. Dehérain a vérifié en constatant l'absencede l'acide phosphorique dans l'eau de Seltz mise en contact avec des phosphates de sesquioxyde et sa présence lorsqu'à ce même mélange on ajoute du carbonate de chaux.

En s'appuyant sur les faits précédents, on conçoit comment M. Paul Thénard a trouvé dans le purin du fumier additionné de phosphate ordinaire une quantité notable d'acide phosphorique en dissolution et comment M. Jamiesson, en Écosse, tire cette conclusion de diverses expériences faites en 1876 et 1877, que rien ne justifie l'énorme différence de prix qui existe entre les phosphates traités par l'acide sulfurique et les phosphates naturels.

Nous avons cherché à confirmer ces faits par de nouvelles expériences, en soumettant les phosphates insolubles, tels que nodules en poudre et noirs de sucrerie, non traités par l'acide sulfurique, à l'action des substances analogues à celles qui se forment naturellement dans le sol ou que l'on y introduit à l'état d'engrais. Voici les expériences qui ont été faites dans ce but et les résultats obtenus.

Neuf ballons ont reçu chacun 25 grammes de phosphate naturel du Boulonnais en poudre impalpable, tel qu'il est livré au commerce et 100 centimètres cubes des liquides suivants :

Eau distillée.
Eau avec 2 centimetres cubes d'acide acétique.
Eau recevant chaque jour pendant 5 minutes un courant d'acide carbonique.
Eau contenant 2 grammes d'oxalate d'ammoniaque.
Eau avec citrate d'ammoniaque contenant 2 grammes d'acide citrique.
Eau avec 2 grammes de carbonate d'ammoniaque.
Eau avec 2 grammes de sulfate d'ammoniaque.
Eau avec 2 grammes de chlorure de sodium.
Eau avec 2 grammes de nitrate de soude.

Ces substances ont été laissées en contact pendant dix jours avec agitations fréquentes, puis 50 centimètres cubes du liquide filtré ont été additionnés de molybdate d'ammoniaque et abandonnés pendant quarante-huit heures. Le phosphate dissous était en trop faible quantité pour pouvoir être facilement déterminé par le procédé ordinaire, c'cst-à-dire en le transformant en phosphate magnésien pour le doser finalement par le sel d'urane, mais il n'en donnait pas moins un trouble très apparent et même un précipité

sensible, avec le molybdate, dans quelques-unes des dissolutions essayées. Nous nous sommes donc borné à déterminer, par quelques expériences préliminaires faites avec des dissolutions titrées de phosphate de soude, le rapport entre le poids de l'acide phosphorique et celui du phospho-molybdate dont il détermine la formation ; nous avons trouvé ainsi une moyenne de 0,04 environ et nous avons en conséquence multiplié par ce nombre les poids de phospho-molybdate obtenus en filtrant sur des filtres tarés et pesant après dessiccation.

L'eau pure, les dissolutions à l'oxalate, au citrate et au sulfate d'ammoniaque, au chlorure de sodium et au nitrate de soude, sont restées parfaitement limpides ou n'ont donné qu'un trouble douteux. Les autres ont donné en milligrammes et en doublant pour ramener aux 25 grammes de la substance :

	D'acide phosphorique.
Le carbonate d'ammoniaque	12mg,0
L'acide acétique	8mg,0
L'acide carbonique	0mg,3

Les mêmes expériences ont été faites ensuite avec du noir de blutage en poudre. On a obtenu

	D'acide phosphorique.
Avec le carbonnate d'ammoniaque	9mg,2
— l'acide acétique	0mg,4
— l'acide carbonique	0mg,6
— le sulfate d'ammoniaque	0mg,6

Les autres dissolutions n'ont rien donné.

Il faut remarquer que le résultat obtenu avec le carbonate d'ammoniaque a été un peu plus faible pour le noir que pour les nodules. Cette différence qui aurait dû plutôt se produire en sens contraire doit tenir à ce que le noir employé était en poudre moins impalpable que les nodules. Il est probable que le noir, même en grains fins, devient tout à fait inattaquable, de sorte que l'addition de ce noir en grains introduit dans certains engrais composés, mêlé on non à des matières organiques, constitue une véritable fraude, il compte en effet comme phosphate dans l'analyse de l'engrais et n'a cependant aucune valeur.

Une troisième expérience a été faite avec la terre que nous

avons citée plus haut comme renfermant une proportion exceptionnelle de 600 grammes d'acide phosphorique par quintal, (nombre qui a été déterminé à plusieurs reprises et qui a peu différé sur les diverses parcelles du champ). On a obtenu, toujours en milligrammes et pour 25 grammes de terre :

— le carbonate d'ammoniaque	0mg,86
— l'acide acétique	0mg,34
— l'acide carbonique	0mg,16
— l'oxalate d'ammoniaque	0mg,70
— le sulfate d'ammoniaque	0mg,06

L'oxalate d'ammoniaque, qui n'avait rien donné avec les phosphates, a donc sur la terre une action sensible. L'eau pure avait donné lieu à un trouble appréciable mais insuffisant pour être pesé.

La moyenne des nombres précédents est de 0mg,4 environ, nombre qui correspondrait à 1gr,6 par quintal de terre ou à 78 kilos d'acide phosphorique rendu soluble par hectare de terre cultivable. Or la durée du contact n'a été que d'une dizaine de jours et l'acide carbonique n'était dégagé chaque jour dans la dissolution que pendant quelques minutes; on peut supposer que les principes dissolvants qui existent dans le sol sont capables de rendre assimilables en une année des quantités de phosphates beaucoup plus grandes.

Enfin une quatrième expérience a été faite avec le fumier. Du fumier de cheval a été mêlé de manière à faire une masse bien homogène, et trois portions de 500 grammes ont été introduites dans des capsules de porcelaine, avec addition de 25 grammes de phosphate naturel en poudre dans la seconde et de 25 grammes de noir animal dans la troisième. Ces trois capsules ont été abandonnées pendant vingt-deux jours, et leur contenu arrosé et mêlé plusieurs fois avec la même quantité d'eau. Chaque partie a été soumise ensuite à l'action d'une presse, le liquide recueilli a été filtré et 50 centimètres cubes additionnés de molybdate d'ammoniaque. On a ensuite évaporé une portion du jus et de la matière pressée afin de connaître la totalité du liquide et on a trouvé ainsi en rapportant à un kilogramme de fumier.

	D'acide phosphorique dissous.
Avec le fumier seul	0gr,264
Avec le fumier et le phosphate	0gr,389
Avec le fumier et le noir	0gr,308

Le phosphate naturel a donc enrichi le fumier de 125 grammes d'acide phosphorique soluble par tonne. Le noir a donné un résultat un peu moindre, probablement à cause de son défaut de ténuité.

Ainsi il y aurait grand avantage à ajouter, comme on le recommande d'ailleurs depuis longtemps, des phosphates naturels au fumier. Cette addition pourrait remplacer dans beaucoup de cas l'usage des superphosphates dont le prix est beaucoup plus élevé et qui ne devraient être employés que pour les terres pauvres en acide phosphorique. Notre département pourrait utiliser ainsi les phosphates du Boulonnais qui aujourd'hui sont presque entièrement exportés en Bretagne et en Angleterre.

Voici la marche que nous avons suivie jusqu'ici pour le dosage de l'acide phosphorique dans les terres arables. Nous croyons utile de la décrire parce qu'elle diffère un peu de la marche ordinaire. 10 ou 20 grammes de terre, selon la richesse présumée, sont traités dans un ballon par un mélange de 25 grammes d'acide azotique et de 25 grammes d'eau; on force un peu la proportion de l'acide lorsque la terre est calcaire. On porte à l'ébullition pendant 15 minutes en plaçant sur le ballon un entonnoir fermé plein d'eau froide pour condenser les vapeurs. Après filtration et lavage on précipite par l'ammoniaque dans la liqueur chaude; on filtre de nouveau et après quelques lavages on redissout le précipité sur le filtre avec un peu d'acide azotique bouillant faiblement étendu. En faisant repasser plusieurs fois le même liquide et en agitant un peu l'entonnoir pendant la filtration, on parvient facilement à redissoudre le précipité avec 10 ou 15 centimètres cubes d'acide ; on lave encore deux ou trois fois, lorsque tout est dissous, avec quelques centimètres cubes d'eau acidulée chaude et on a ainsi une faible quantité de liquide que l'on peut additionner de suite, sans concentration, avec 40 à 60 centimètres cubes de molybdate préparé comme l'indique M. de Gasparin. Après vingt-quatre heures on filtre, on lave d'abord avec un peu de molybdate pour s'assurer que la liqueur filtrée ne se trouble pas de nouveau, puis avec un peu d'eau légèrement acidulée. Le précipité est ensuite redissous dans 5 ou 6 centimètres cubes d'ammoniaque additionnée de son volume d'eau et chauffée, en faisant repasser plusieurs fois le même liquide chaud sur le filtre ; on ajoute 10 centimètres cubes de citrate d'ammoniaque et 10 à 20 centimètres cubes de liqueur magnésienne et on laisse de nouveau reposer vingt-quatre heures. On

filtre, on lave à l'eau ammoniacale, on redissout dans l'acide azotique étendu et on dose enfin, suivant la méthode de M. Joulie, avec la dissolution d'urane titrée.

En employant l'acide azotique étendu, au lieu d'eau régale, pour le traitement de la terre, nous n'obtenons pas l'acide phosphorique engagé dans les combinaisons peu attaquables, et le résultat doit indiquer d'une manière plus vraie la proportion relative d'acide phosphorique assimilable. M. Dehérain, dans le dernier numéro des *Annales* que nous recevons en terminant cet article, propose même de n'employer dans ce but que l'acide acétique afin de n'obtenir que les phosphates de protoxyde, c'est-à-dire des nombres plus exactement proportionnels aux poids d'acide phosphorique assimilable.

UNE CULTURE PLUS INTENSIVE EST-ELLE UN REMÈDE A LA CRISE ACTUELLE?

CONFÉRENCE FAITE PAR

M. J. B. LAWES, à Berwick,

LE 3 MAI 1879[1].

On ne saurait mettre en doute la crise que traverse actuellement l'agriculture anglaise. Les productions du pays ont été sérieusement réduites par une succession de mauvais temps, que présente rarement le climat déjà si incertain de nos îles. D'immenses importations de blé ont empêché le cultivateur d'augmenter les prix afin de compenser dans une certaine mesure la diminution des récoltes. La main-d'œuvre se paye un prix plus élevé qu'autrefois et souvent cette augmentation de salaire ne correspond pas à un supplément de travail effectif. Les embarras ont été accrus par des épizooties, par la crainte de maladies nouvelles apportées par les animaux étrangers, et enfin par l'importation d'animaux sur pied et de viande abattue.

En ce moment, l'énergie des cultivateurs est paralysée et ils sont

1. *Is higher farming a remedy for lower prices?* Being the substance of a lecture delivered before the last berwickshire agricultural association, on may 3 1879 by John Bennett Lawes, LL. D. F. R S. — Berwick upon Tweed : published by C. Macaskie, « Warder » office, 1879.

conduits à se demander ce qu'il y a à faire pour mettre un terme aux rudes épreuves qu'ils supportent.

Il est inutile de dire qu'en de telles circonstances les avis abondent. Les conseils sont si variés et si nombreux, qu'il y a une difficulté réelle à choisir celui qu'il convient d'appliquer à chaque cas particulier. On conseille de cultiver plus scientifiquement, d'aller au-devant de l'abaissement des prix en augmentant la production ou de réduire les dépenses faites dans l'intérieur de la famille. Voilà quelques exemples des nombreux remèdes proposés pour obvier aux difficultés actuelles, tout en permettant de continuer avec profit les opérations agricoles.

Je dois commencer par dire que je ne désire pas ajouter mon nom à la nombreuse liste des conseillers. Je ne connais aucun remède capable de paralyser les effets combinés des mauvaises saisons, de la cherté de la main-d'œuvre, et du bas prix du grain et de la viande. Le but que je m'efforcerai d'atteindre dans cette réunion est plutôt d'apporter quelque lumière sur l'un des avis le plus souvent formulé, et qui consiste à augmenter la production pour remédier à l'abaissement des prix.

Tout le monde reconnaîtra qu'une grande partie du royaume est mal cultivée ou qu'on pourrait en tirer un meilleur profit. Jusqu'à quel point cela est-il vrai pour le Berwickshire, c'est ce qu'il serait difficile de préciser. Cependant un coup d'œil sur la statistique agricole peut donner une idée du caractère général de la culture du comté. En 1878, la superficie des terres cultivées et des prairies, à l'exclusion des bruyères et des montagnes, s'élevait à 79553 hectares, cultivés comme suit :

Céréales et légumineuses	33
Récoltes en vert (sauf trèfle et ray-grass)	18
Prairies permanentes (pour le foin)	5.5
— — (pâturages)	43.5
	100.0

Ainsi, un tiers de la totalité est consacré à la culture des céréales et si l'on vendait le blé, les pommes de terre et le foin, il resterait la production de 60 pour 100 de la surface pour la nourriture du bétail dans le but d'en obtenir de la viande ou du fumier qui serait rendu à la terre. On est loin de la vérité en disant que la totalité du blé et du foin est vendue et il faut égalemement considérer que

l'on garde à la ferme, la paille provenant des 33 centièmes cultivés en céréales. Si, de plus, nous avons égard à la quantité de nourriture et d'engrais que l'on achète, je crois que l'on a droit de dire que la culture du Berwickshire est généralement intensive.

Ces remarques s'adressent surtout aux cultivateurs du comté qui font déjà de la culture intensive; elle peuvent cependant s'appliquer d'une façon générale. Je ne suppose pas qu'il y ait quelqu'un qui doute que l'on puisse augmenter la production de blé et de viande de cette contrée, quand bien même cette augmentation ne suffirait pas aux besoins de la population. Si l'importation de ces denrées était prohibée ou si elles étaient chargées d'un fort droit d'entrée, il n'y a aucun doute qu'une culture plus intensive serait avantageuse. Malgré cela, nous ne serions pas moins tributaires de l'étranger, car au lieu de nous pourvoir de céréales et de viande, ces pays nous fourniraient une plus grande quantité d'engrais et d'aliments pour le bétail.

Le but ici n'est pas d'examiner ce qu'il y aurait à faire si le prix du blé et de la viande augmentait, mais de voir si un système de culture plus élevée, si une production plus abondante peut compenser une réduction de prix. En deux mots, s'il y avait une diminution de 20 p. 100 sur les prix de vente des produits de la ferme, faudrait-il augmenter la production d'un quart pour ramener ces prix au taux qu'ils avaient auparavant?

Je suppose que tout le monde est d'accord avec moi sur la signification du terme « culture intensive ». Ce n'est certainement pas la culture intensive qui produit le blé vendu à si bas prix sur nos marchés. Lorsqu'on lit dans les journaux américains que, dans une année, on a vendu 8 000 000 d'hectares de terre pour la culture et que depuis dix ans la culture des céréales s'est étendue de 4 000 000 d'hectares, on comprend de suite que c'est la culture extensive qui produit les denrées que nous recevons. Il n'y a également aucun doute qu'elle soit la cause principale de la baisse actuelle des produits agricoles. Le système de culture quadriennal, la consommation de chaque récolte dans la ferme et la conversion de la paille en fumier sans achat de nourriture ou d'engrais, tout cela ne constitue pas de la culture intensive.

La culture intensive a un tout autre caractère. Elle implique l'importation de matériaux. Tous les sols sont capables de fournir plus ou moins d'éléments à la récolte. Plus on mettra d'engrais sur

une terre moins cette dernière contribuera à la récolte et même, dans certains cas, elle ne cédera rien et s'enrichira. En de telles circonstances, la terre ne sera qu'un magasin d'engrais et d'humidité et ne servira qu'à supporter les plantes pour qu'avec l'aide des rayons solaires elles puissent accumuler le carbone (et les autres éléments) de l'atmosphère. Dans ces conditions, l'agriculture est une fabrique dépendant des produits de sols étrangers comme les manufactures de laine, de coton, de soie dépendent de sources étrangères.

Adoptant la définition donnée ci-dessus de la culture intensive, il faut se demander si ceux qui la pratiquent ont intérêt à la continuer pour remédier à l'abaissement des prix.

Avant de pouvoir répondre, il est nécessaire d'examiner soigneusement les différentes sources, les effets et les prix des engrais.

Parmi les dépenses à faire dans une culture, il en est d'indépendantes de la valeur de la récolte. Il est évident que la main-d'œuvre pour la moisson d'un champ de blé sera plus élevée pour un grand que pour un petit. Cependant on peut dire que les charges restent sensiblement les mêmes, quelles que soient l'importance et la valeur des récoltes. Si une augmentation double ou triple d'engrais donnait un rendement double ou triple, la culture intensive serait le remède cherché. Tel n'est pas le cas. On peut dire cependant que, lorsque le rendement augmente, la proportion des dépenses fixes à imputer à une quantité donnée diminue, tendant ainsi à compenser la diminution dans le supplément de récolte que produisent des doses croissantes d'engrais. Après avoir examiné les faits que nous présenterons plus loin, on verra qu'au delà d'une certaine limite la proportion dans laquelle s'élève la dépense d'engrais est beaucoup plus forte que la proportion dans laquelle les charges fixes diminuent.

Dans les expériences de Rothamsted nous avons montré clairement les extrêmes de la culture. Les procédés ne sont nulle part aussi variés; nous n'avons employé aucun engrais dans certains cas afin d'éprouver la force de production (capability) d'un sol jusqu'à la dernière limite; dans d'autres cas, nous avons employé le fumier et les engrais chimiques avec profusion, afin d'enrichir la terre autant que possible. Dans certaines expériences, nous avons été si prodigues de fumier, qu'un critique qui ne voyait pas bien notre but, a été amené à dire dans le *North British Agriculturist* que

nous devions en vouloir au fumier et qu'une quantité beaucoup moindre aurait produit autant d'effet.

Je me propose maintenant d'appeler l'attention sur quelques-unes des expériences en question; les résultats prouveront qu'*au delà d'une certaine limite, l'augmentation de récolte n'est pas proportionnelle à l'augmentation d'engrais* et *que la valeur de l'excédent de la récolte ne couvre pas l'achat du supplément d'engrais*[1]. Il en résulte que le prix de l'engrais doit être sérieusement pris en considération.

On prétend souvent que le fumier ne coûte rien : que par une direction habile et judicieuse, le prix de la nourriture du bétail et les autres dépenses doivent être couverts par la vente de la viande, et qu'on obtient ainsi le fumier gratuitement. Cette manière de voir est fautive, et il serait facile de prouver que le prix de la nourriture surpasse la valeur de la viande produite, et que c'est en donnant une valeur au fumier que l'on peut compenser l'excédent et les autres dépenses.

Expériences sur l'assolement quadriennal.

Commençons par examiner quelques expériences sur une rotation ordinaire qui est employée depuis trente-deux ans. Nous avons adopté l'assolement quadriennal : navets, orge, trèfle ou féverolles et blé. La huitième récolte de blé, c'est-à-dire la dernière récolte de la huitième période, est sur pied (mai 1879). Dans la 2e et la 3e période, on a semé deux fois du trèfle incarnat, et comme il a manqué, on l'a remplacé par des féverolles. Nous avons eu ainsi des féverolles pendant la 4e, la 5e, la 6e et la 8e période; la 7e on a essayé de nouveau du trèfle et il a fourni 3 coupes. En résumé, nous avons à présenter les résultats de 8 récoltes de racines, 8 d'orge, 6 de féverolles, 2 de trèfle incarnat et 7 de blé, la 8e récolte de blé étant sur pied.

Un mot sur le système adopté dans l'emploi des engrais.

1. Le lecteur des *Annales* reconnaîtra que c'est là une thèse que nous soutenons depuis plusieurs années dans ce recueil, nous sommes heureux de nous rencontrer avec M. J. B. Lawes auquel ses longs travaux ont donné sur ce sujet une compétence qui ne peut être mise en doute par personne. — P.-P. D.

TABLEAU I. — EXPÉRIENCES SUR L'ASSOLEMENT QUADRIENNAL A ROTHAMSTED.
RENDEMENTS MOYENS A L'HECTARE. — HUIT ROTATIONS 1848-1879.

ENGRAIS EMPLOYÉS SUR LES DIVERSES PARCELLES.		A. NAVETS enlevés.	B. NAVETS mangés sur place.
NAVETS. — 7 RÉCOLTES : 1848, 1852, 1856, 1860, 1864, (1868 MANQUA), 1872, 1876.			
		kilogr.	kilogr.
Sans engrais		2572	2572
Superphosphate de chaux		18765	22312
Engrais complexe		68929	68667
ORGE. — 8 RÉCOLTES : 1849, 1853, 1857, 1861, 1865, 1869, 1873, 1877.			
		hectol.	hectol.
Sans engrais		31.4	27.7
Superphosphate de chaux		25.3	35.8
Engrais complexe		37.3	42.0
FÈVEROLLES. — 6 RÉCOLTES : 1854, 1858, 1862, 1866, 1870, 1878.			
		hectol.	hectol.
Sans engrais		10.8	10.7
Superphosphate de chaux		10.8	13.2
Engrais complexe		19.6	22
TRÈFLE. — 2 RÉCOLTES : 1850, 1874 (CALCULÉ EN FOIN).			
		kilogr.	kilogr.
Sans engrais	1850	6776	6235
	1874	3984	3514
	Moyenne	5380	4870
Superphosphate de chaux	1850	7262	6463
	1874	6541	7875
	Moyenne	6901.5	7169
Engrais complexe	1850	7906	7831
	1874	10573	10919
	Moyenne	9239.5	9375
BLÉ. — 7 RÉCOLTES : 1851, 1855, 1859, 1863, 1867, 1871, 1875.			
		hectol.	hectol.
Sans engrais		26.9	23.3
Superphosphate de chaux		26.2	29.1
Engrais complexe		29.8	29.8

1/3 du terrain n'a reçu aucun engrais pendant les trente-deux années.

1/3 a reçu du superphosphate de chaux tous les quatre ans (sur les turneps).

1/3 a reçu tous les quatre ans l'engrais complexe suivant :

ENGRAIS COMPLEXE A L'HECTARE

Tourteaux	2239k
Sulfate d'ammoniaque	112.0
Chlorure d'ammonium	112.0
Sulfate de potasse	336.0
— de soude	224.0
— de magnésie	112.0
Superphosphate de chaux	392.0

Nota. — Pour la 1re rotation, on a employé 1119.5 de tourteaux au lieu de 2239k ; on a également mis moins de superphosphate moins de sulfate de potasse; enfin on n'avait donné ni sulfate de soude ni sulfate de magnésie.

Parlons maintenant du traitement des récoltes. Chaque parcelle a été divisée en 2 parties (A et B); sur l'une (A) on a enlevé les récoltes : les racines et les feuilles, la paille et le grain et le trèfle; sur l'autre (B) les navets furent mangés sur place par des moutons n'ayant pas d'autre nourriture et les feuilles furent laissées sur le sol.

Il y a donc 3 séries d'expériences qui se sont succédé pendant trente et une années, une série dans laquelle nous n'avons pas d'engrais (témoin), une deuxième dans laquelle le sol n'a reçu que du superphosphate de chaux et une troisième dans laquelle on a répandu l'engrais complexe.

Il y a d'autres séries d'expériences dans lesquelles les résultats concordent en tous points avec ceux donnés plus loin : on a remplacé, dans ces expériences, les féverolles ou le trèfle par la jachère, sauf pour la 1re rotation. Ces expériences ne sont pas absolument nécessaires ici, bien que la comparaison entre une rotation avec des féverolles et une autre avec une année de jachère présente beaucoup de points très intéressants.

(Le tableau n° II, dans lequel on donne le produit des diverses parcelles en feuilles ou en paille, est le complément du tableau n° I.)

TABLEAU II. — RENDEMENTS DES FEUILLES ET DE LA PAILLE A L'HECTARE, 8 ROTATIONS 1848-1879.

ENGRAIS EMPLOYÉS SUR LES DIVERSES PARCELLES.	A. NAVETS enlevés.	B. NAVETS mangés sur place.
FEUILLES DE NAVETS. — 7 RÉCOLTES : 1848, 1852, 1856, 1860, 1864, 1872, 1876.		
	kilogr.	kilogr.
Sans engrais	1254	1254
Superphosphate de chaux	3412	2572
Engrais complexe	5419	5519
PAILLE D'ORGE. — 8 RÉCOLTES : 1849, 1853, 1857, 1861, 1865, 1869, 1873, 1877.		
Sans engrais	2391	2208
Superphosphate de chaux	1945	2773
Engrais complexe	2886	3605
PAILLE DE FÈVEROLLES. — 6 RÉCOLTES : 1854, 1858, 1862, 1366, 1870, 1878.		
Sans engrais	1204	1142
Superphosphate de chaux	1349	1662
Engrais complexe	2022	2116
PAILLE DE BLÉ. — 7 RÉCOLTES : 1851, 1855, 1859. 1863, 1867, 1871, 1875.		
Sans engrais	3514	3204
Superphosphate de chaux	3639	3568
Engrais complexe	4468	4468

On voit dans la première partie du tableau I, le rendement moyen de racines sous l'influence de divers engrais. Dans la parcelle « sans engrais », il n'y a pour ainsi dire pas de récoltes. Les navets qui poussèrent étaient loin de valoir ceux que vous êtes habitué à récolter. Le superphosphate de chaux augmente considérablement la récolte, donnant un rendement variant entre 18 et 20 mille kilogrammes. Enfin l'engrais complexe porte la récolte à 68,000 kilogrammes. On peut voir aussi que, l'influence de l'engrais étant écartée, il n'y a pas de différence entre les récoltes des parcelles sur lesquelles les racines ont été mangées et celles qui se sont développées sur les parcelles dont on a enlevé les racines. Il faut donc en conclure que la fumure laissée par les moutons a été

prise par les récoltes intermédiaires, ou perdue par les eaux de drainage, ou qu'elle est restée dans le sol à un état non assimilable par les récoltes suivantes de navets.

Vu la faible différence des récoltes A et B du témoin, nous n'espérions pas avoir une différence entre les récoltes qui suivraient. Cependant, nous avons eu une augmentation de 4 hectolitres d'orge sur le carré A. Il est certain que ce résultat anormal n'est pas dû à un manque de soin dans la conduite des expériences. Il faut l'attribuer à une légère mais malheureuse irrégularité de composition du sol.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il faut beaucoup de circonspection pour déduire la fertilité d'un sol de sa composition donnée par l'analyse. Je me contenterai de dire que l'on a prélevé deux fois, à sept années de distance, des échantillons de terre à différentes profondeurs et que, dans chaque essai, les analyses ont démontré la supériorité de la terre dont on avait enlevé les récoltes. Cette supériorité était plus caractéristique dans les échantillons prélevés à $0^m,22$ et à $0^m,40$ de profondeur que dans les échantillons prélevés à la surface.

On verra peut-être avec quelque surprise qu'une terre qui a fourni une aussi mauvaise récolte de racines, puisse donner un rendement d'orge aussi élevé. La moyenne des rendements d'orge à l'hectare en Angleterre est de 28 à 32 hectolitres. Il ne faut pas oublier également que n'ayant pas enlevé les racines, vu leur faible quantité, il y a eu, en somme, une année de jachère avant l'orge. On constatera aussi que la récolte de blé atteint la moyenne obtenue en Angleterre.

Sur la parcelle qui a reçu du superphosphate, le rendement A n'a été que de 25 hectolitres, le rendement B a été de 35 hectolitres d'orge. En enlevant les racines, on a donc appauvri le sol d'une quantité correspondant à 10 hectolitres d'orge.

Examinons maintenant la parcelle qui a reçu l'engrais complexe. Le rendement s'élève et on a dans la partie A 12 hectolitres de plus que dans la partie correspondante de la parcelle « superphosphate » et 2 hectolitres de plus que la partie B de la même parcelle. Ainsi, bien que les moutons aient mangé sur place la récolte de racines de la moitié B (parcelle « superphosphate ») la récolte de la partie A de la parcelle « engrais complexe » lui est supérieure.

L'explication de ce fait n'est pas difficile à trouver. Le super-

phosphate n'a pas apporté d'azote, mais il a permis aux racines d'en tirer une quantité qui se trouvait accumulée dans le sol. La réserve de cet élément important fut si réduite lorsqu'on préleva les 18,765 kilogrammes de racines et les 3,512 kilogrammes de feuilles que la récolte d'orge descendit à 25 hectolitres. D'un autre côté, les tourteaux et les sels ammoniacaux de l'engrais complexe ont apporté dans le sol de 145 à 155 kilogrammes d'azote à l'hectare, quantité beaucoup plus élevée que celle qui fut absorbée par les 68,929 kilogrammes de navets. Il y avait donc dans le sol une réserve d'azote disponible pour la récolte suivante, réserve qui porta le rendement d'orge à 37 hectolitres.

La consommation sur place des racines de la partie B de la parcelle « engrais complexe » n'a produit que 5 hectolitres d'orge en plus. Il est pourtant certain que la plus grande partie de l'azote et des autres éléments extraits du sol par les racines a été rendue à la terre quand la récolte a été mangée sur place; les autres éléments qui sont tirés de l'atmosphère par la plante y ont été rendus en grande partie.

Cette expérience nous offre un exemple de culture intensive dans laquelle le résultat obtenu ne répond pas à la grande quantité d'engrais employé.

Si nous considérons les féverolles, nous verrons qu'il y a peu de différence entre les récoltes de la parcelle « sans engrais » et celles de la parcelle « superphosphate ». Dans la première, les récoltes A et B sont très voisines; dans la seconde, la récolte B l'emporte un peu sur la récolte A. Pour la parcelle « engrais complexe », les récoltes s'élèvent considérablement; la récolte A est de 19 hectolitres et la récolte B est de 22 hectolitres. Ces rendements sont doubles de ceux du témoin et ils sont dus à l'engrais laissé par l'orge.

La différence entre les deux récoltes de trèfle (1850 et 1874) est très intéressante.

Entre 1850 et 1874, époque de la seconde culture de trèfle, on a prélevé 6 récoltes de blé, 6 d'orge et 5 de féverolles. La parcelle « sans engrais » a donné en 1874 environ 2,800 kilogrammes de foin de moins qu'en 1850.

Sur la parcelle qui a reçu les superphosphates, la seconde récolte de trèfle fut un peu plus faible que la première quand les racines furent enlevées, et un peu plus forte quand elles furent consommées sur place. Il est à remarquer que bien que sous l'influence des

superphosphates, la terre ait eu à fournir beaucoup plus d'azote et de matières minérales que n'en a abandonné la parcelle sans engrais, la récolte de trèfle soit meilleure sur celle-là que sur celle-ci.

Si nous passons à l'étude de la parcelle qui a reçu l'engrais complexe, nous trouvons que les récoltes en 1850 sont supérieures à celle des autres parcelles et en 1874 le rendement surpasse encore de 3,000 kilogrammes ce qu'il était en 1850. Si l'on compare la plus forte récolte de cette parcelle avec la plus faible du témoin, on a un écart de 7,400 kilogrammes. Depuis le commencement des expériences on a appliqué 7 doses d'engrais complexe et depuis 1850, époque de la première coupe de trèfle, on en a distribué six.

Ainsi, bien que l'on puisse attribuer l'augmentation de rendement à la quantité d'azote donnée, on voit qu'il en reste un poids considérable qui n'a pas été utilisé. Cependant le trèfle a pour effet important de s'emparer du résidu de l'engrais, ce qu'aucune des autres récoltes n'avait été capable de faire. Il est à désirer que l'on sème du trèfle aussi fréquemment que possible, mais il est évident que la récolte sera faible ou nulle, s'il n'y a pas une accumulation suffisante d'éléments constitutifs dans le sol.

A la fin du tableau I se trouvent les moyennes des récoltes de blé.

Il y a entre les récoltes A et B de la parcelle sans engrais, la même différence que dans le cas de l'orge : 3 hectolitres de moins pour la récolte B. Ce résultat confirme la croyance à une différence de constitution dans le sol des parties A et B. Sur cette parcelle on a obtenu, en moyenne, 29 hectolitres d'orge et 25 hectolitres de blé. Il est assez curieux qu'une terre à laquelle on n'a pas donné d'engrais depuis trente et un ans, donne des récoltes presque aussi fortes que la moyenne obtenue en Angleterre.

Quand on a employé le phosphate de chaux, il a été avantageux de faire consommer les racines sur place, mais cette pratique n'a plus augmenté la récolte quand la terre a reçu l'engrais complexe, et il est bien digne d'attention que la haute dose d'engrais employée n'ait fait monter la récolte que de 4 hectolitres environ. J'espère que vous serez d'accord avec moi pour reconnaître que le résultat obtenu par cette culture intensive, pendant laquelle les racines fortement fumées ont été consommées sur place est décourageant et vous admettrez sans peine qu'il serait insensé de vouloir encore forcer la dose d'engrais parce que le prix du blé a baissé.

Expériences sur le fumier de ferme.

Nous allons examiner maintenant quelques expériences relatives à l'emploi du fumier. Lorsqu'on conseille aux agriculteurs de cultiver d'une manière plus intensive, cela signifie qu'il faut mettre une plus grande quantité d'engrais; il est donc nécessaire de se rendre compte de l'effet produit par de fortes doses de fumier.

Le tableau III indique les rendements moyens de blé en grain et en paille ainsi que les rendements d'orge. La culture du blé se fait depuis trente-cinq ans et celle de l'orge depuis vingt-sept ans. On a donné chaque année 35,000 kilogrammes de fumier à l'hectare.

TABLEAU III. — RÉCOLTE A L'HECTARE DE BLÉ ET D'ORGE.
35.140 KILOGRAMMES DE FUMIER A L'HECTARE CHAQUE ANNÉE.

	MOYENNE ANNUELLE A L'HECTARE	
	GRAIN.	PAILLE.
BLÉ 35 ANS 1844-1878.	hect.	kilogr.
1re période 8 ans. 1844-1851	25.4	3333
2e — 9 — 1852-1860	30.6	4312
3e — 9 — 1861-1869	33.4	4220
4e — 9 — 1870-1878	27.8	3970
ORGE 27 ANS 1852-1878.		
1re période 9 ans. 1852-1860	39.5	3263
2e — 9 — 1861-1869	46.7	3308
3e — 9 — 1870-1878	44.7	3715

On voit dans le tableau ci-dessus que la moyenne des récoltes de grain s'élève pendant la 2e et la 3e période et qu'elle redescend pendant la 4e période. Il résulte de ces chiffres que l'accumulation du fumier n'a pas donné le résultat attendu. Il y a quelques années on a analysé le sol et on a trouvé, jusqu'à une profondeur de 0m22 qu'il y avait dans le sol qui a reçu le fumier de ferme deux fois plus d'azote que dans le sol des parcelles fumées avec l'engrais artificiel donnant des récoltes aussi bonnes, sinon meilleures. Si une forte dose de fumier tend à augmenter le rendement, cet effet est contrebalancé par l'influence des saisons. Ainsi pendant la 3e pé-

riode (1861-1869) il y a eu plusieurs bonnes années; pendant la 4e, il y en a eu de mauvaises qui ont paralysé l'effet que devait produire l'accumulation d'engrais.

La quantité de paille, récoltée augmente en même temps que le grain dans la 2e période (1852-1860); dans la 3e période (1860-1869) tandis que le grain augmente, la paille diminue; dans la 4e période enfin, le grain et la paille diminuent simultanément. Ceci est le plus remarquable, car l'application annuelle de 35 000 kilogrammes de fumier aurait dû élever le rendement de paille de 7,500 à 9,500 kilogrammes à l'hectare. Les fluctuations dans les récoltes de grain comme dans celles de paille démontrent donc bien l'influence des saisons en dépit de l'accumulation de l'engrais.

Pour l'orge, les résultats sont analogues. Ainsi la 2e période donne des chiffres plus élevés que la 3e (1870-1878). Il n'y a pas d'augmentation dans le rendement de paille qui reste sensiblement le même dans les trois périodes.

Il est évident, d'après ce tableau, que les récoltes n'augmentent pas avec les doses d'engrais. Il serait peut-être intéressant d'étudier les effets postérieurs de ces fortes fumures, puisqu'elles augmentent les récoltes si imparfaitement pendant leur période d'application. Le tableau IV nous donnera quelques renseignements à cet égard. Les chiffres ont trait à une culture d'orge et de foin.

Orge. On a donné 35,000 kilogrammes de fumier chaque année pendant vingt ans; après cette période on a divisé la parcelle en deux parties; sur la première, on a continué l'application du fumier, on s'en est abstenu sur la seconde.

Foin. On a donné la dose de fumier pendant huit ans, puis on a cessé les quinze années suivantes.

Ce tableau montre également l'excès des récoltes des parcelles fumées sur les récoltes des parcelles non fumées.

Orge. — Pendant la période 1872-1878, la moitié qui continue à recevoir du fumier, donne une augmentation de 0,9 hectolitres de grain et de 195 kilogr. de paille à l'hectare sur la période précédente. La moitié qui a cessé de recevoir du fumier éprouve, en moyenne, un déficit annuel de 10,6 hectolitres de grain et de 1 004 kilogr. de paille. Si l'on compare ces résultats avec ceux obtenus sur le témoin (dont les récoltes ont sensiblement baissé dans les dernières années), on voit que, pendant la période 1852-1871, la différence en faveur de la parcelle constamment fumée est de 25,3

hectolitres de grain et de 2070 kilogr. de paille. En 1872, cette parcelle est divisée en deux parties, la première (A) continue à recevoir du fumier, la seconde (B) n'en reçoit plus. L'excès des récoltes de la partie A sur les récoltes du témoin est de 32,5 hectolitres de grain et de 2886 kilogr. de paille ce qui fait voir que le rendement de la parcelle sans engrais va toujours en baissant, pour B, l'excès est de 20.4 hectolitres de grain et de 1669 kilogr. de paille.

TABLEAU IV. — INDIQUANT LES EFFETS PRODUITS PAR LE RÉSIDU LAISSÉ AU SOL PAR LE FUMIER.

	MOYENNE ANNUELLE A L'HECTARE	
	RÉCOLTE.	EXCÈS sur la parcelle sans engrais.
ORGE (grain).	hectol.	hect.
20 ans 1852-1871 35.000 k. fumier tous les ans.......	43.3	25.3
7 — 1872-1878 — — — ..... A	44.2	32.5
7 — 1872-1878 Sans engrais après 20 ans de fumure B	32.7	20.4
ORGE (paille).	kilogr.	kilogr.
20 ans 1852-1871 35.000 k. fumier tous les ans......	3545	2070
7 — 1872-1878 — — — .... A	3740	2886
7 — 1872-1878 Sans engrais après 20 ans de fumure B	2541	1669
FOIN.		
8 ans 1856-1863 35.000 k. fumier tous les ans.......	5371	2397
5 — 1864-1868 Sans engrais	5120	2459
5 — 1869-1873 Sans engrais	3677	1242
5 — 1874-1878 Sans engrais	2918	847

On peut voir par ces chiffres que l'influence du fumier se fait encore sentir, bien que déclinant chaque année. Cependant il est certain que cette influence sera encore longtemps appréciable et qu'il faudra plus d'un siècle pour reprendre, par les récoltes, l'azote qui a été fourni à la terre par l'engrais.

Foin de prairie. — Le rendement moyen pendant la période 1854-1863 est de 5371 kilogr. à l'hectare; l'excès sur le témoin surpasse 2000 kil. Pendant les trois périodes suivantes, les rendements baissent de plus en plus, et pendant l'année 1878 le rendement est un peu supérieur à la moitié de ce qu'il était en 1856.

Le total des rendements de la période 1856-1863 est 43023 kil., correspondant à un excès de 4360 kilogr. sur le témoin. Le total pour la période 1864-1878 est de 58368 kilogr. correspondant à un excès de 22891 kilogr. sur le témoin. Ici, comme pour l'orge, il faudrait beaucoup d'années pour recouvrer l'azote apporté au sol par le fumier.

Des chiffres donnés ci-dessus il ressort qu'un fermier devrait, avant de quitter une terre qu'il a fumée pendant un certain nombre d'années, essayer de regagner une partie de l'engrais qui a été enfoui dans le sol. Le remède cherché contre l'abaissement des prix ne consiste pas à appliquer une forte fumure, car le rendement n'est pas proportionnel à l'augmentation de la quantité de fumier.

Expériences avec les engrais chimiques.

Le tableau V donne les effets comparatifs de quantités croissantes d'engrais chimiques. La première partie du tableau donne la moyenne des rendements de blé (grain et paille) obtenus en vingt-sept ans avec un engrais minéral complexe et avec cet engrais complexe additionné de 2248 kilogr., de 4480 kilogr. et de 6720 kil. de sels ammoniacaux. La seconde partie donne la moyenne des rendements d'orge (grain et paille) obtenus avec du superphosphate de chaux et avec du superphosphate additionné de 2240 et de 4480 kil. de sels ammoniacaux.

TABLEAU V. — INDIQUANT LES EFFETS DE QUANTITÉS CROISSANTES DE SELS AMMONIACAUX.

	MOYENNE ANNUELLE A L'HECTARE.	
	GRAIN.	PAILLE.
BLÉ 27 ANS 1852-1878.	hect.	kilogr.
Engrais minéral complexe seul	14.1	1691
— — — 224 kilogr. sels ammoniacaux	22	2850
— — — 448 — —	29.8	4229
— — — 670 — —	33	5049
ORGE 6 ANS 1852-1857.		
Superphosphate de chaux seul	28.3	2067
— — 224 kilogr. sels ammoniacaux	40.8	3546
— — 448 — —	44.3	4260

Examinons le blé. Par l'addition de 224 kilogr. de sels ammoniacaux, la récolte augmente de 8 hectolitres; pour la quantité double de sels la récolte monte proportionnellement à l'engrais, elle devient 29 h. 8 en excès de 7 h. 8 sur le rendement obtenu avec la première fumure; mais pour une quantité d'engrais, triple de la première dose la récolte est seulement de 33 hectolitres; tandis que si la marche ascensionnelle eut été régulière, elle aurait atteint le chiffre de 37 h. 8; ainsi en employant un excédent de 224 kilogr. de sels ammoniacaux sur les 448 donnés aux parcelles précédentes, on n'obtient plus qu'un excédent de récolte de 3 p. 100. Si l'on considère la dose de 448 kilogr. comme quantité maximum rémunératrice, le prix du blé étant de 20 fr. 65 l'hectolitre, il est difficile de voir comment on peut proposer l'application d'une plus forte quantité d'engrais, parce que le prix de l'hectolitre de blé est descendu à 17 fr. 20. La conclusion que l'on pourrait tirer des chiffres précédents est qu'au contraire il faudrait augmenter la dose d'engrais si les prix allaient en s'élevant au lieu d'aller en s'abaissant [1].

Pour l'orge, on voit de même que l'addition de 224 kilogr. de sels ammoniacaux au superphosphate élève la récolte de 12,5 hectolitres; si l'on double la quantité d'engrais, la récolte n'augmente plus que de 16 hectolitres au lieu de 25. Il faut remarquer aussi que le grain et la paille n'augmentent pas dans le même rapport, car dans un cas, nous avons une augmentation de 12,5 hectolitres de grain et de 1 479 kilogr. de paille, et dans l'autre une augmentation de 16 hectolitres et de 2 193 kilogr. Ici encore, il est évi-

1. C'est ce qui apparaît encore plus nettement en faisant le compte en argent des opérations précédentes :

BLÉ A 20 FR. 65 L'HECTOLITRE.

Engrais employé.	Prix de l'engrais.	Supplément de récolte.	Valeur du supplém.	Bénéfice.
	fr.	hect.	fr.	francs.
224 k. sels amm. à 55 fr..	123	7.9	163.1	+ 40.1
448 k. sels ammoniacaux..	246	15.7	324.20	+ 78.2
672 k. — .	369	18.9	380.3	+ 11.3

BLÉ A 17 FR. L'HECTOLITRE.

	fr.	hect.	fr.	francs.
224 k. sels ammoniacaux..	123	7.9	134.3	— 11.3
448 k. — ..	246	15.7	266.9	+ 20.9
678 k. — ..	369	18.9	321.3	— 47.7

(*Traducteur.*)

dent que la hausse et non la baisse des prix justifierait seule l'emploi d'une dose maximum d'engrais.

De l'ensemble de tous les tableaux que nous avons donnés on voit que si l'on emploie le fumier, ou bien si l'on fait paître des animaux sur un sol, pour une même quantité d'éléments déposés, l'effet sur les récoltes est moindre et l'accumulation de ces éléments est plus grande que si on emploie certains engrais artificiels. Il ne faut pas en conclure qu'il faille rejeter le fumier pour adopter les engrais artificiels. La fabrication et l'usage du fumier sont une nécessité dans l'économie générale d'une ferme, et la production de fumier ou d'engrais animaux doit être intimement liée avec l'engraissement du bétail. Il ne serait pas possible de faire une culture exclusivement avec des engrais artificiels. M. Lawes pense que les agriculteurs ne reconnaissent pas assez la lenteur d'action des engrais naturels et qu'ils ont tort de la considérer comme étant plutôt un mérite. Ce retard dans l'action du fumier entraîne avec lui un retard dans l'amortissement de la mise de fonds. Le but à atteindre et qui caractérise la culture la plus avantageuse est de rentrer le plus promptement possible dans l'avance faite en engrais, qu'ils soient naturels ou artificiels. Ceci ne peut être atteint qu'avec la liberté de culture et de vente du produit le plus rémunérateur, avec le choix des plantes qui sont le plus en rapport avec le sol, le climat de la localité et les demandes du marché, et avec un emploi judicieux d'engrais naturels et artificiels pour obtenir une récolte maximum avec un minimum de résidu laissé improductif dans le sol et sujet à être entraîné par les eaux du drainage et les autres causes de déperdition.

Engrais produit par les animaux de la ferme.

J'arrive à la seconde partie de mon sujet, je veux parler du prix de revient du fumier de ferme. A première vue on peut admettre que les chevaux paient leur nourriture et l'entretien qu'ils exigent par leur travail et que le fumier qu'ils produisent ne coûte rien; s'il s'agit du bétail le prix de la nourriture est compensé par le prix de vente de la viande obtenue. Pour savoir exactement si la valeur de la viande produite est supérieure ou inférieure aux prix de la nourriture et aux autres dépenses, il faut prendre pour base de calcul

l'augmentation de poids qui correspond à une quantité donnée de nourriture et calculer d'après cela s'il y a perte ou gain. En se plaçant à ce point de vue, on verra que la mise de fonds surpasse généralement de beaucoup les recettes et qu'il faut donner une valeur au fumier pour établir la balance.

Je vais porter plus particulièrement mon attention sur des bêtes à corne en m'appuyant sur des chiffres relatifs à des animaux d'une qualité au-dessus de la moyenne et qui furent nourris avec prodigalité. Nous allons voir le poids probable que l'on peut obtenir dans de telles circonstances et quelle est la quantité moyenne de nourriture nécessaire pour atteindre une augmentation de poids donnée.

Le tableau VI indique l'âge, le poids final et l'augmentation :

1° D'animaux primés à l'exposition de Smithfield en décembre 1878 (« Agricultural Gazette » du 3 janvier 1879).

2° D'animaux primés à l'exposition de Chicago (États-Unis) et dont le rapport est fait dans le « Country Gentleman's Newspaper. »

3° De bœufs nivernais-charollais. On pourra trouver des détails sur ces derniers animaux dans le journal de la Société royale d'agriculture d'Angleterre tome XV p. 213. A la fin du tableau et pour servir de terme de comparaison, se trouve le taux moyen d'augmentation pendant la période d'engraissement tel qu'il est adopté à Rothamsted depuis plusieurs années.

Avant de discuter les chiffres donnés dans le tableau précédent, nous allons indiquer la manière dont ils ont été obtenus. Les seules données que nous possédions étaient l'âge et le poids final. L'engraissement journalier a été obtenu en divisant le poids final par le nombre de jours d'âge. On peut employer cette manière de calculer lorsqu'il s'agit d'animaux de même espèce mais différents par l'âge ou par la race? cette méthode devient insuffisante lorsqu'on veut comparer des animaux tout à fait différents, tels que des bœufs, des moutons et des porcs. Il y a déjà plusieurs années que nous avions senti la nécessité d'établir de nouvelles bases de calcul permettant de comparer la quantité de nourriture et l'engraissement chez des animaux de diverses grandeurs.

Voici les bases que nous avons adoptées :

1° La quantité de nourriture consommée par 100 kilogrammes d'animal en une semaine.

TABLEAU VI. — RELATIF A L'AGE, A L'AUGMENTATION ET AU POIDS DE BŒUFS SOUMIS A L'ENGRAISSEMENT.

	Nº de classement.	Âge en semaines.	POIDS final par tête.	Augmentation par jour.	Augmentation par 500 kilog. de poids vif et par semaine.
			Kilgr.	Kilgr.	Kilgr.
Animaux primés à Smithfield en 1878.					
Bœufs devons	1	116	589.35	0.724	7.40
	2	167	710.30	0.607	5.25
	3	215	808.60	0.539	4.15
	4	165	659.56	0.670	5.30
Moyenne.		165 ¾	691.95	0.611	5.55
Bœufs herefords	6	118 ½	731.59	0.883	7.45
	7	165 ½	889.69	0.770	5.45
	8	221 ½	934.50	0.605	4.10
	9	178 ½	784.14	0.639	5.00
Moyenne.		171	837.38	0.724	5.50
Bœufs shorthorns	11	120	769.19	0.915	7.40
	12	160	887.88	0.792	5.65
	13	163	1065.35	0.933	5.65
	14	172	849.81	0.706	6.25
Moyenne.		153 ¾	893.08	0.837	6.00
Bœufs sussex	16	116	719.36	0.887	7.60
	17	151	823.55	0.779	5.95
	18	203	1082.67	0.761	4.55
	19	160	786.30	0.702	5.55
Moyenne.		157 ½	852.99	0.783	5.90
Moyenne générale.		162	819.42	0.738	5.75
Animaux primés à Chicago, États-Unis.					
Taureaux, 4 ans et au-dessus. 1er prix.	1	268.6	944.5	0.498	3.55
» » » 2e prix.	2	271.7	1105.32	0.579	3.50
» 3 ans et au-dessous 1er prix.	3	182.9	958.09	0.747	5.20
» » » 2e prix.	4	174.3	913.18	0.761	5.45
» 2 ans et au-dessous 1er prix.	5	138.4	774 36	0.787	6.75
» » » 2e prix.	6	139.7	724.80	0.738	6.70
» 1 an et au-dessous 1er prix.	7	92.9	670.44	1.032	10.00
» » » 2e prix.	8	95.7	977.56	0.860	9.55
Moyenne.		170.5	845.78	0.751	6.35
Bœufs nivernais-charollais.					
Nº 1		134.8	669.53	0.711	6.80
Nº 2		156.4	900.11	0.819	5.95
Nº 3		160.8	857.52	0.762	5.80
Nº 4		174	941.78	0.774	5.40
Moyenne.		156.5	842.12	0.765	6.00
Moyenne générale de l'ensemble		163.7	827.17	0.747	5.90
Moyenne de Rothamsted					5—5.50

2° La nourriture nécessaire pour avoir une augmentation de 100 kilogrammes.

3° L'augmentation par 100 kilogrammes d'animal en une semaine.

Le tableau VI n'ayant rapport qu'à des bœufs, l'augmentation de poids est donnée pour 500 kilogrammes d'animal par semaine. Au bas du tableau, nous donnons la moyenne générale pour tous les animaux depuis deux ans et au-dessous jusqu'à quatre ans et au-dessus. Cette moyenne est de 5 kilogr. 9 par 500 kilogrammes et par semaine. D'après les calculs de Rothamsted, la moyenne d'augmentation pendant les derniers mois de l'engraissement doit varier de 5 kilogr. à 5, 5 kilogrammes. Si nous entrons dans plus de détails, nous voyons que le chiffre de Rothamsted varie entre 5 et 5, 5, celui de Smithfield est de 5, 740, celui de Chicago 6, 35 et celui des bœufs nivernais charollais 6.

En examinant ces moyennes, il ne faut pas oublier que pour les animaux français, ceux de Smithfield et ceux de Chicago, l'augmentation a été calculée, faute de données, depuis la naissance jusqu'à l'époque de l'exposition, tandis qu'à Rothamsted on ne constate l'augmentation qu'à partir du commencement de la période d'engraissement. De plus, l'engraissement dans la première partie de la vie d'un animal est plus rapide que dans la dernière partie. Les chiffres donnés ci-dessus ne sont donc pas absolument comparables.

D'un autre côté, un animal adulte contient une plus grande proportion de viande et par conséquent une moindre proportion d'organes internes et d'abats qu'un jeune animal. La proportion de matière sèche est également plus considérable. Ces différences sont évidentes dans le tableau VII qui donne ces proportions centésimales de viande, de matière sèche et d'eau. Les chiffres sont les résultats d'analyses faites à Rothamsted, il y a environ trente ans, sur différents animaux.

On voit par ce tableau que la quantité centésimale d'eau est plus élevée dans un veau gras que dans un bœuf à moitié engraissé; la proportion de matières solides est plus forte dans un bœuf gras que dans un bœuf qui ne l'est qu'à moitié. Les moutons et les porcs nous donnent le même résultat, à mesure qu'ils engraissent l'eau diminue et la matière solide augmente ou pour mieux dire la matière solide augmente dans une proportion plus forte que l'eau et

dans une certaine mesure, on pourrait définir ainsi l'engraissement : le déplacement de l'eau par la graisse.

TABLEAU VII. — COMPOSITION DE DIFFÉRENTS ANIMAUX.

ESPÈCE DES ANIMAUX ANALYSÉS	VIANDE p. 100.	MATIÈRE sèche totale p. 100.	EAU(1) p. 100.
Veau gras	62	83.9	63
Bœuf à moitié engraissé	64.7	40.3	51.5
Bœuf gras	66.2	48.6	45.5
Agneau gras	60.2	43.7	47.7
Mouton ordinaire	53.3	36.7	57.3
Vieux *mouton* à moitié engraissé	58.6	40.6	50.3
Mouton gras	57.5	50.7	43.3
Mouton très gras	63.1	59.6	35.2
Porc ordinaire	66.4	39.7	55
Porc gras	76	54.7	41.4

A l'examen du tableau VI, la question suivante se pose d'elle-même : quel est le prix de la nourriture nécessaire pour arriver à ces résultats? N'ayant pas de données touchant les animaux dont il est parlé dans le tableau VI, nous devons avoir recours à d'autres bases pour résoudre le problème. En nous appuyant sur des expériences faites par divers éleveurs et par nous-mêmes, nous sommes arrivés aux conclusions suivantes :

Des bœufs soumis à l'engraissement et nourris libéralement avec une ration composée de tourteaux ou de grain, d'un peu de foin ou de menue paille, de navets ou autres aliments succulents, doivent consommer en moyenne, 6^{kil},250 de matière sèche et augmenter de 0^{kil},450 par semaine et pour chaque 50 kilogr., d'animal.

En d'autres termes un bœuf théorique pesant 500 kil. consommera 62^{kil},5 de matière sèche par semaine pour augmenter de 4,5 kil. et réciproquement pour qu'il augmente de 4,5 kil. il faudra lui donner 62^{kil},5 de matière sèche. Si la ration ne contient pas de menue paille et si elle ne renferme qu'un peu de foin, la proportion de matière sèche consommée sera moindre et l'augmentation moyenne sera plus grande ou vice versa.

Les matières que l'on a coutume d'appeler nourriture sèche ren-

1. La différence entre la somme de la matière sèche et de l'eau et 100 parties est représentée par le contenu de l'estomac et des intestins à l'état humide.

ferment cependant encore de l'eau. Ainsi les tourteaux en contiennent environ 1/8 de leur poids, le grain, le foin, la paille en contiennent 1/6; les navets ne renferment pas plus de 10 à 12 centièmes de matière sèche, les mangolds de 12 à 18 centièmes. Pour avoir les 625 kilogr., de matière sèche nécessaire à une augmentation de 45 kilogr., il faudrait les quantités suivantes de l'un des aliments désigné ci-dessous.

TABLEAU VIII. — QUANTITÉ DE CHAQUE ALIMENT CONTENANT 625 KGR. DE MATIÈRE SÈCHE.

Tourteaux	700 kgr.
Foin	728 —
Navets	5672 —
Mangolds	5554 —

Il reste maintenant à chercher le prix de ces 625 kilogr. de matière sèche et à voir si la valeur est supérieure ou inférieure à celle des 45 kilogr., d'augmentation.

Les bœufs engraissés d'une façon modérée donnent un rendement de 58 à 60 p. 100, rendement qui peut s'élever de 65 à 70 p. 100 dans les bœufs très gras. Si nous supposons que l'on vende le kilogramme de viande 1 fr., 80, les 45 kgs d'augmentation donnant 70 centièmes de viande auront une valeur de 56 fr., 70 environ. Il est impossible de composer une ration de navets, de tourteaux et de foin contenant 625 kil. de matière sèche pour ce prix; donc l'augmentation ne répond pas à l'avance de fonds faite pour l'obtenir. Remarquons en outre qu'il faut ajouter au prix de la nourriture, le loyer des bâtiments, les frais d'entretiens et les risques; si nous faisons entrer tous ces frais en ligne de compte, il devient évident qu'il faut toujours en reporter une partie considérable sur le fumier qui atteint de cette façon une valeur variant cependant avec les circonstances.

En 1876, le conseil de la Société Royale d'Agriculture nomma une commission chargée d'examiner la question de la valeur des engrais non utilisés restants dans le sol. A la même époque on discuta et critiqua beaucoup une brochure que j'avais publiée en 1860, dans laquelle je cherchais à établir la valeur des engrais suivant les différents aliments dont ils proviennent. L'opinion générale fut que les prix calculés étaient trop élevés. En conséquence, M. Gilbert et moi, nous cherchâmes à vérifier nos premiers calculs et nous choisîmes les tourteaux de lin comme étant l'article le mieux connu

parmi ceux que l'on achète pour l'alimentation du bétail; après avoir déduit la valeur de l'engrais du prix des tourteaux, nous cherchâmes si l'excédant était compensé par l'augmentation de valeur de l'animal. Le prix de la tonne de tourteaux était alors de 307 fr., 70. En déduisant la valeur de l'engrais obtenu, soit 11380 fr. (d'après les calculs de ma table), il reste 193 fr., 90 à reporter sur l'animal. Or le calcul nous a démontré qu'il est extrêmement difficile de réaliser ce bénéfice par l'engraissement d'un animal.

Dans les tableaux précédents, il ne s'est agi que de bœufs; le calcul serait le même pour des moutons ou des porcs : dans ces deux cas, le prix de la nourriture ne serait pas compensé par la plus value de ces animaux. Bien que l'on prétende souvent le contraire, l'emploi du terme : valeur de consommation (consuming value) distinct du prix de vente, semble indiquer pour ceux qui l'emploient une idée particulière sur ce qu'est un aliment. Si les restrictions à la vente des navets, du foin et de la paille étaient mises de côté, ces articles cesseraient bientôt d'avoir ce que l'on peut appeler un prix de fantaisie et la différence entre la valeur de consommation (consuming value) et le prix de vente réel représenterait plus exactement le prix de l'engrais.

Dans la première partie de cette conférence, j'ai montré qu'une augmentation de récolte ne correspond pas à une augmentation d'engrais; cela est surtout vrai lorsqu'on exagère les doses d'engrais. De plus, j'espère vous avoir convaincu que le fumier de ferme coûte de l'argent. Il en résulte qu'une hausse des prix seule justifierait l'emploi de plus fortes fumures. L'augmentation de production doit venir de la liberté, de l'économie et de l'intelligence déployée dans les entreprises agricoles. Obtenir un rendement maximum avec l'engrais donné au sol, retrouver dans la valeur de la viande et dans celle du fumier les dépenses faites pour la nourriture du bétail, tel est le meilleur remède à l'abaissement des prix des produits de la ferme.

Je regrette que les opinions que j'ai avancées ne concordent pas avec celle qui ont été émises par la plus grande partie des personnes qui ont écrit sur se sujet. Elles ne sont pas complètement identiques à celles qu'exprimait Lord Palwarht, au mois de février dernier. Dans une lettre publiée ultérieurement, il disait : « une plus grande liberté en agriculture est désirable pour augmenter la production »

et « il est nécessaire d'augmenter le capital, l'étendue des entreprises et la sécurité du fermage. » J'ajouterai que ces changements ne sont pas désirables, ils sont nécessaires.

A mon avis, c'est perdre son temps que de vouloir remédier à l'abaissement des prix par une augmentation de rendement suivant l'ancien système, c'est-à-dire en augmentant les doses de fumure. Si les restrictions qui entravent le fermage, sauf celle qui astreint le fermier à rendre la terre en aussi bon état qu'il l'a reçue, étaient abolies, les choses changeraient de face et quelques-unes de mes remarques devraient être modifiées.

De récentes discussions ont démontré que les propriétaires fonciers reconnaissaient la gravité de l'état actuel des affaires et qu'ils sont désireux d'aider leurs fermiers en adoucissant les conditions des baux. M'adressant à ces fermiers, je crois l'occasion favorable pour examiner la manière dont ils conduisent leurs affaires dans le but de les amener à les traiter selon les règles qui président aux opérations commerciales.

Je veux appeler particulièrement l'attention sur l'achat et la vente du bétail. Les fermiers anglais sont fiers à juste titre de leurs animaux et les considèrent comme étant la base de l'agriculture anglaise. N'est-il pas cependant connu que toutes les transactions dans cette branche importante de l'agriculture se font sur des conjectures. On ne se sert jamais d'une bascule pour acheter ou pour vendre une tête de bétail. Pendant l'engraissement, on ne constate pas l'augmentation de poids de l'animal, le prix de la nourriture qui a été nécessaire à produire cette augmentation; on ne compare pas davantage les valeurs nutritives des différents aliments.

Le prix du bétail a été dans ces derniers temps d'un prix très élevé; je ne doute pas que si l'on vérifiait avec une bascule les poids des animaux acheté et vendus, on verrait que les bœufs et les moutons ont été achetés 1 fr. 30 le kilogramme, ce qui fait 1300 francs les mille kilogrammes. Un achat de 1000 kilogrammes de bétail n'est certainement pas un gros achat. Si l'on désignait deux ou trois des meilleurs connaisseurs et si on leur demandait de choisir des animaux pesant ensemble 10 tonnes, on verrait quelles différences il y aurait dans leurs appréciations! Si les marchands de charbon ou d'engrais proposaient de vendre leur marchandise en masse et au simple juger, on ne voudrait pas entendre parler d'un pareil marché et on insisterait sur l'emploi d'une bascule. Cependant; à poids

égaux, ces articles ne soutiennent pas la comparaison avec le bétail. Je suis bien forcé d'admettre qu'il y a l'usage du commerce, mais j'ai toujours blâmé cette habitude et je n'ai jamais pu savoir si j'avais fait une bonne ou une mauvaise affaire avant de me servir d'une balance et d'avoir calculé le prix d'un kilogramme d'animal vivant. L'œil doit juger la qualité d'un animal; d'après ce jugement on fixe le prix du kilogramme, et on se sert de la bascule qui donne la valeur totale. Si l'ensemble des fermiers déclaraient ne vouloir acheter et vendre leur bétail qu'au poids, ils seraient bientôt les maîtres de faire exécuter leur décision.

La même indifférence se manifeste depuis la naissance de l'animal jusqu'au moment où il passe entre les mains du boucher. Cela est évident par les discussions des fermiers à ce sujet, qu'ils soient chez eux, sur les marchés ou dans les réunions. Si l'on avait l'habitude d'acheter et de vendre au poids ainsi que cela se fait en Amérique, on en tirerait toutes sortes d'avantage. Outre que les transactions seraient moins aléatoires, le fermier acquerrait une expérience qui affermirait son jugement pour l'avenir. S'il consultait la bascule pendant la période d'engraissement, il se rendrait compte de la marche de cette opération; il pourrait juger de la nature et de la quantité des aliments à donner et déterminer leur influence sur la qualité du fumier. En un mot, il emploierait les seuls moyens susceptibles d'assurer l'économie dans sa fabrique de viande et d'engrais.

Le secrétaire de cette réunion m'a demandé d'exposer la méthode la plus économique pour produire des animaux de boucherie. Il faudrait parler de poids d'animaux et de nourriture et je crains que, pour beaucoup des auditeurs, cette matière ne soit ni intéressante ni instructive. Je vais cependant essayer de rechercher s'il y a économie à engraisser un jeune ou un vieux bœuf.

Si l'on se reporte au tableau VI et si l'on considère les exemples 1, 6, 11 et 16, on voit que l'augmentation par semaine et par 500 kilogrammes d'animal est plus élevée chez les jeunes que chez les vieux animaux. Il est préférable d'atteindre en deux ans un poids que l'on obtiendrait d'une autre façon en trois années et plus. Sur la quantité de nourriture donnée à un animal, il y a un certain poids destiné à entretenir seulement son existence et il y aura une économie réelle si cet animal atteint le poids final en deux au lieu de trois ans. Les autres frais diminueront dans le même rapport.

Il est vrai que la nourriture d'un animal qui est au pâturage en été et qui ne mange que des navets et de la paille en hiver coûte peu jusqu'au commencement de la période d'engraissement. A mesure que l'animal avancera en âge il consommera moins de nourriture dans un temps donné et pour un certain poids vif; cette quantité de nourriture donnera une augmentation moindre, mais qui portera plus sur la matière solide que sur l'eau. D'un autre côté, pour un engraissement plus rapide, il faudra donner une nourriture plus coûteuse durant toute l'existence de l'animal.

Il est difficile de comparer ces deux systèmes sans avoir égard à certaines données, telles que : frais d'entretien, qualité, quantité et prix de la ration, taux et valeur de l'augmentation et valeur de l'engrais obtenu. Aucun des rapports faits sur ce sujet ne parle de ces chiffres.

Il y a quelque temps, un article intitulé « *Young v. Old Beef* ». (Le jeune contre le vieux bœuf) parut dans le « *North British Agriculturist* ». L'éditeur vante avec juste raison l'excellence de cet article écrit par un éleveur bien connu et qui a souvent obtenu les premiers prix aux expositions de Smithfield et dans d'autres localités. L'auteur donne dans cet article, l'augmentation de poids de 5 bœufs d'âge différent du 1er mars au 1er novembre. Les animaux consommèrent la meilleure nourriture, furent toujours bien portants et remportèrent les primes d'honneur à l'exposition de Noël.

	AUGMENTATION du 1er mars au 1er novembre.	AUGMENTATION par tête et par semaine.
	kgr.	kgr.
Bœuf de 4 ans	76.16	2.15
Bœuf de 3 ans	101.58	2.94
3 bœufs de 2 ans (moyenne)	213.99	6.11

D'après l'auteur, ces chiffres représentent ce que l'on peut obtenir avec des shorthorns (Durham) de première qualité et nourris copieusement.

Le poids final de chaque animal n'est pas donné; mais il est probable que le bœuf de quatre ans pèse plutôt 1000 que 500 kilogrammes. L'augmentation par 500 kilogrammes n'est donc environ

que de 1 kilogr. 07 au lieu de 4 kilogr. 5, chiffre obtenu par nos calculs. Cette augmentation de 2 kilogr. 15 par semaine a une valeur d'environ 2 fr., 50. Je vous laisse à juger quelle relation il y a entre cette somme et le prix de la nourriture consommée. Ces chiffres peuvent donner une idée de ce qu'il en coûte pour obtenir des prix, mais ce ne sont pas des exemples d'engraissement profitable.

Je n'ai pas l'intention d'attaquer l'auteur de l'article inséré dans « *North British Agriculturist* » qui est un homme d'une grande expérience et d'un talent incontesté, mais je proteste vivement contre un système qui ne repose pas sur les bases inébranlables que je vous ai données plus haut, tant que nous n'aurons pas égard au poids des animaux, à la nature et au prix des aliments, nous ne pourrons citer d'exemples d'engraissement couronnés de succès.

Il est certainement humiliant de reconnaître que les sols vierges et les plaines des États-Unis et du Canada peuvent produire et nous envoyer du blé et de la viande abattue à meilleur marché que nous ne pouvons le faire avec toute notre adresse et toute notre science. L'opinion que quelques personnes ont émise et qui tendrait à nous faire exportateurs est tout à fait chimérique.

L'idée que l'agriculture anglaise est supérieure à toute autre est si répandue que vous ne voudrez peut-être pas admettre que votre pratique a encore besoin d'amélioration. Durant les trente dernières années, nos connaissances sur les effets comparés des engrais, sur l'engraissement du bétail et sur les aliments qui lui sont nécessaires ont fait de grands progrès. Cependant peu de fermiers anglais font attention aux documents qui sont à leur disposition. Il est vrai que ces documents ne sont pas toujours à la portée de chacun, mais cela résulte du peu d'intérêt que l'on porte aux connaissances agronomiques. Si l'on compare la littérature agricole courante de ce pays avec celle des États-Unis ou de quelques contrées du continent, on verra que le nombre des questions traitées est beaucoup plus grand à l'étranger. En effet, tant que l'ancienne routine a donné de beaux rendements, quel besoin y avait-il de changer? La crise actuelle pourra causer de grandes pertes et bien des ruines, mais elle ne sera pas sans avantage si elle doit amener la conduite des opérations agricoles plus en accord avec les principes scientifiques et commerciaux.

(Traduit de l'anglais par M. Meyer.)

DU PASSACE DE L'EAU ET DE L'AIR DANS LA TERRE ARABLE

PAR

MM. A. AUDOYNAUD
Professeur à l'école d'agriculture de Montpellier.

et B. CHAUZIT
Préparateur à l'école d'agriculture de Montpellier.

Au commencement de la présente année 1879 on a construit dans le jardin météorologique de l'École d'agriculture de Montpellier, trois grandes cases de végétation sur le modèle de celle de Montsouris; elles ont été remplies par la terre végétale du voisinage; leur forme est celle d'un prisme droit ayant pour hauteur 1 mètre 60 et pour base un carré de 1 mètre 40 de côté, c'est-à-dire de 196 décimètres carrés de superficie. Le cube de terre qui s'y trouve est donc consirable, soit 3 mètres cubes 136. On peut regarder ce sol comme une terre végétale profonde, bien ameublie et reposant sur un sous-sol imperméable; une petite ouverture inférieure permet de recueillir les eaux en excès qui arrivent à la base, absolument comme dans un tuyau de drainage. Ces cases, étant destinées à étudier certaines questions relatives à la culture de la vigne, ont reçu, la première une bouture d'*aramon*, la suivante de *jacquez*, la troisième de *carignane*. Ces trois boutures ne pouvant modifier, cette année, à cause de leur faible développement, les phénomènes qui se produisent dans le passage de l'air et de l'eau dans ce sol meuble, nous avons pensé qu'on pouvait profiter de ces trois cases pour examiner les particularités de ces sortes de phénomènes.

Lorsque la pluie tombe sur une terre, une partie de l'eau s'évapore, une autre s'infiltre; celle-ci marche alors avec une lenteur plus ou moins grande vers les parties profondes. Pendant ce mouvement de descente elle agit sur les matériaux du sol, elle les modifie, elle les dissout. Les racines des plantes établies sur cette terre en profitent, mais une part très grande de cette eau arrive au-dessous des racines et n'arrête sa marche descendante que lorsqu'elle rencontre une surface imperméable. Suivant la forme plus ou moins accidentée de cette surface, son inclinaison plus ou moins grande, l'eau est mise en réserve ou rejetée plus ou moins loin; nos petites sources superficielles n'ont pas d'autre origine. Mais ces

eaux, qui s'éloignent ainsi des points où elles ont été apportées, entraînent les matériaux qu'elles ont dissous et il n'est pas sans intérêt de connaître la nature et la proportion de ces substances ainsi enlevées. On peut donc, étant donné la composition d'une terre, suivre d'année en année ce qu'elle perd de principes fertilisants en potasse, acide phosphorique, azote, etc. Ces quantités ajoutées à celles prélevées par les récoltes constituent la perte réelle du sol et doivent entrer, pour une bonne part, dans le calcul de la durée de fertilité de cette terre.

Ces phénomènes ne sont pas les seuls qui se produisent ; les eaux pluviales apportent avec elles de l'air plus ou moins modifié, elles emprisonnent et repoussent l'air existant déjà dans ce sol, et l'atmosphère de la terre végétale prend ainsi une composition différente suivant la profondeur où on l'observe et l'époque de cette observation. Cette composition ne peut être indifférente à l'agronome qui cherche à se rendre compte des effets manifestes que l'air exerce tant sur les racines des plantes que sur les matériaux mêmes du sol.

Telles sont les réflexions qui nous ont conduit à répéter sur la terre particulière de notre École d'agriculture, sous notre climat du Midi, des expériences faites déjà par d'autres agronomes mais dans des conditions différentes, et y ajouter quelques autres observations qui nous ont paru avoir quelque intérêt.

La terre qui remplit nos trois cases (parfaitement étanches) a été analysée au début de nos recherches. Séchée à 100 degrés, sa composition était la suivante :

Sable.	23.20
Calcaire	48.25
Argile	28.35
Humus	0.20
	100.000

On y a aussi trouvé, pour 100 parties :

Acide phosphorique	(PhO^5)	0.230
Potasse	(KO).	0.172

Cette terre provenait d'un champ complanté en muriers et légèrement fumé, chaque année, avec du fumier de ferme. La couche végétale de ce champ varie entre 50 et 75 centimètres de profon-

deur ; au-dessous se trouvent des marnes plus ou moins coquillères appartenant au miocène supérieur.

Nous ajouterons enfin, pour l'interprétation des nombres qui vont suivre, qu'un accident arrivé à l'orifice de la case carignane a exigé un second remplissage, ce qui fait que la terre de cette case, au commencement de nos recherches, était un peu moins tassée que pour les deux autres.

Nos cases étaient prêtes au commencement d'avril et nous n'avons commencé à recueillir les eaux, par l'orifice inférieur, que le 17 mai, Chaque soir, à 5 heures, on mesurait, pour chaque case, l'eau écoulée. Nous résumons dans le tableau suivant les résultats obtenus.

Volume d'eau recueillie sur les cases.

MOIS	ARAMON	JACQUEZ	CARIGNANE	PLUIE en millimètres	LITRES d'eau tombée sur chaque case
	litres	litres	litres		litres
Mai................	10.695	8.505	10.790	69.0	119.17
Juin...............	34.745	27.230	29.715	31.0	61.24
Juillet jusqu'au 13..	5.630	4.070	5.640	5.3	10.39
14 juillet..........	3.090	3.100	3.170	35.2	68.99

Les pluies tombées en mai, juin et juillet, sont relevées au millimètre sur notre registre d'observations, et en regard on a, par le calcul indiqué le volume d'eau tombé sur la surface de chaque case (pour 1 millimètre d'eau on a 1 litre 96.)

A l'inspection de ces nombres on peut se rendre compte de la proportion d'eau pluviale qui traverse le sol. En effet, si nous faisons la somme des pluies du 1er mai au 13 juillet, on voit que chaque case a reçu 182 litres 56 ; or les trois cases ont laissé écouler respectivement, du 17 mai au 13 juillet, savoir :

51	litres	070	(case aramon)
39	—	805	(case jacquez)
45	—	970	(case carignane)

c'est-à-dire 28, 22 et 25 pour cent de la masse de pluie tombée.

Ces nombres se rapprochent assez de ceux obtenus par d'autres observateurs : MM. Lawes et Gilbert, en Angleterre, ont trouvé 28 pour cent pour une moyenne de cinq années ; M. Risler, à Calèves, pour deux années, 30 pour cent ; Gasparin à Orange, pour deux

années, 20 pour cent. Ces variations ne peuvent étonner, car l'état de la surface, le tassement, la nature de la terre, etc., sont autant de causes qui peuvent diminuer ou augmenter la quantité d'eau qui traverse la terre. D'ailleurs, ces variations se retrouvent même dans nos trois cases qui ont cependant été remplies par le même ouvrier et avec la même terre. Quoi qu'il en soit nous croyons pouvoir prendre comme moyenne, pour la terre que nous considérons, la fraction 0,25, et admettre que, sur le champ des muriers et celui de l'École des cépages qui est voisin, un quart de l'eau des pluies traverse ces terres.

Une autre remarque importante peut être faite sur le tableau précédent.

Lorsque les pluies sont régulières, modérées dans leur chute, l'infiltration, le passage au travers du sol se fait avec régularité et même avec une certaine lenteur; ainsi, du 1er juin au 13 juillet, la quantité d'eau recueillie décroît très régulièrement; mais lorsque la pluie devient torrentielle, elle détermine des affouillements superficiels qui provoquent un passage rapide comme on peut le vérifier pour la pluie torrentielle tombée du 14 au 15 juillet.

Nous avons dit que les eaux qui traversent le sol, qui arrivent plus ou moins lentement dans les parties profondes, emportent avec elles tout ce qu'elles ont pu dissoudre sur leur passage. Il était important d'apprécier, pour nos terres, les matériaux ainsi enlevés. A cet effet nous avons à diverses dates, fait évaporer un demi-litre d'eau et recueilli et pesé les résidus.

Voici les données de ces expériences :

Dates.	Poids du résidu par litre d'eau.
4 juin	0 gr. 856
5 »	0 » 860
9 »	0 » 920
11 »	0 » 916
13 »	0 » 926
16 »	0 » 890
18 »	0 » 860
24 »	0 » 840
26 »	0 » 858
30 »	0 » 830
2 juillet	0 » 854
8 »	0 » 830
12 »	0 » 850
	11 gr. 299
Moyenne	0 » 868

Nous avons vu, plus haut, que chacune de nos cases avait laissé écouler, en deux mois, 45 litres d'eau environ ; chacune avait donc perdu, en matériaux solubles, 45 fois 0 gr. 868, soit 39 gr., 06. Si les mêmes phénomènes se produisaient pendant le reste de l'année, on aurait, pour l'année entière, 234 gr. 36 de matières solubles enlevées à chaque case.

Le temps nous a manqué pour nous livrer à une analyse complète de ces résidus ; néanmoins, nous avons remarqué qu'ils étaient peu calcaires, pauvres en chaux, en acide carbonique, en acide sulfurique, mais le chlore était abondant ; l'un d'eux nous a donné :

Matière organique. . . .	0,2050 par gramme	0,17794 par litre d'eau.
Chlore	0,0798	0,06926
Potasse (ko)	0,9560	0,04861
Acide phosphorique (Pho^5) .	0,0016	0,00136

Ces nombres diffèrent évidemment des résultats donnés par le Dr Zoeller, par M. Schlœsing et d'autres observateurs qui entre eux, présentent, du reste, des variations considérables ; mais le sens de ces variations est analogue. Ainsi il résulte de ces diverses expériences que les phosphates sont peu entraînés, mais que, au contraire, les sels alcalins le sont notablement. Ces recherches sont trop importantes pour ne pas être reprises. Pour en montrer tout l'intérêt, supposons qu'une de nos cases perde, par an, 300 litres d'eau et que chaque litre entraîne 0 gr. 05 de potasse, la terre qui s'y trouve perdra 15 grammes de potasse assimilable ; or cette terre a un volume de 3136 décimètres cubes, elle pèse environ (3136 $\times$ 1.5) $=$ 4700 kilogr. ; de plus, l'analyse que nous en avons faite au début accuse, par kilogr. de terre, 0 k. 0017 de potasse, soit 7990 de potasse pour la case entière ; la perte en potasse sera donc de 15/7990 de la masse entière, ou 1/500 environ.

On peut donc arriver, par des analyses faites régulièrement à diverses époques de l'année, à apprécier la perte du sol et même la proportion des principes assimilables que la terre pourra fournir aux végétaux qu'elle nourrira.

Une autre question nous a paru digne d'intérêt, c'est nous l'avons dit déjà, la composition de l'air confiné dans le sol de nos cases.

Tous les agronomes connaissent les expériences de MM. Boussin-

gault et Léwy sur l'air puisé à 30 ou 40 centimètres de profondeur dans des sols de nature très diverses. Ce qui frappa tout d'abord ces savants observateurs, ce fut la grande proportion d'acide carbonique, exemple :

2.21	pour 100 d'air dans un champ	récemment fumé.
9.21	» »	après une pluie.
0.96	» »	dans une vigne, etc.

Analysant l'air recueilli d'une manière plus complète, ils trouvèrent :

	1re expérience	2e expérience
Acide carbonique	9,74	7,77
Oxygène	10,35	12,37
Azote	79,91	79,86

La proportion d'azote de l'air normal étant de 79.2, celle de l'oxygène 20.8, d'une autre part un volume d'acide carbonique contenant son volume d'oxygène, MM. Boussingault et Léwy pensèrent que l'oxygène manquant, soit 0,71 pour cent dans la première expérience et 0,66 pour cent dans la seconde, avait été employé à des combustions fournissant des produits fixes.

Il a paru à l'un de nous que quelques restrictions devaient être apportées à cette conclusion.

Il y a trois ans, à l'époque où nous nous occupions, à l'École d'agriculture, du mode de diffusion du sulfure de carbone dans le sol, nous eûmes connaissance d'une curieuse expérience faite par M. Merget, au Congrès de Clermont, pour expliquer certains phénomènes de physiologie végétale. Une pipe en terre étant remplie de terre argileuse et chauffée en son coude, un courant gazeux très énergique se produisait dans le tube de cette pipe. Ayant répété plusieurs fois l'expérience, sans connaître autrement le travail de M. Merget, nous crûmes voir dans ce courant un phénomène d'osmose, c'est-à-dire pouvoir admettre au travers de la première couche argileuse extérieure un échange entre l'air extérieur et la vapeur d'eau intérieure produite par l'élévation de la température.

Nous remarquâmes qu'on remplissant la pipe avec une matière inerte, de l'amiante mouillée par exemple, et la fermant à son orifice avec une couche très mince d'argile quelconque, de kaolin et

même de plâtre, on produisait très facilement le courant gazeux et on pouvait même l'entretenir *indéfiniment* en mouillant d'une manière continue à l'aide d'un pinceau cette couche poreuse supercielle. L'osmose était donc produite à la partie *superficielle* seulement.

D'une autre part, en analysant l'air recueilli dans quelques-unes de ces expériences, nous trouvions une proportion d'azote bien plus considérable que dans l'air extérieur. Pour en donner une idée voici trois analyses faites sur l'air recueilli à trois intervalles de la même expérience (la pipe étant remplie de kaolin et la surface entretenue constamment mouillée).

Analyse faite avec la potasse et l'acide pyrogallique.

	1er. dosage	2e dosage	3e dosage
Acide carbonique. . .	4.5 p. cent	1.65 p. cent	3.4 p. cent
Oxygène.	8.9 »	11.59 »	10.3 »
Azote.	86.6 »	86·79 »	86.3 »

Notre kaolin contenant des matières organiques et notre lampe à alcool chauffant plus ou moins, on s'explique les petites différences en oxygène et acide carbonique des résultats ci-dessus; mais ce qui frappe le plus, c'est la proportion constante d'azote, il ne nous paraît guère admissible que dans notre kaolin se soit trouvé une matière assez hydrogénée pour expliquer la diminution d'oxygène. On ne peut pas supporter davantage que la diminution de l'oxygène soit due à la formation d'eau à l'aide de l'hydrogène de l'alcool, et à l'introduction au travers de l'appareil de l'air modifié par la flamme, car l'expérience donne un résultat analogue avec un appareil en verre.

Or dans les expériences de MM. Boussingault et Léwy il y a aussi excès d'azote; ne peut-on pas l'expliquer en admettant un phénomène d'osmose qui laisserait passer inégalement l'oxygène et l'azote au travers du sol arable?

Nous avons pensé que l'air pris au fond de nos cases, ayant traversé une couche de terre de 1 m. 50, pourrait présenter des phénomènes analogues. Notre mode d'expérimentation était très simple; on enlevait le bouchon fermant l'orifice inférieur des cases, on laissait écouler toute l'eau accumulée, puis on rétablissait le bouchon muni d'un petit tube de verre; celui-ci était relié à une petite trompe aspiratrice placée à côté; cette trompe avait 1 m. 50 de hau-

teur; on ne recueillait le gaz à analyser que lorsque un ou deux litres avaient déjà passé et lavé en quelque sorte l'appareil de l'air atmosphérique qui s'y trouvait.

L'air recueilli était porté au laboratoire et analysé dans un endiomètre de Bunsen en employant de l'hydrogène très pur.

Voici les résultats toutes corrections faites :

1er août	Azote.	85,5	pour 0/0
	Oxygène et acide carbonique. .	12,5	»
4 août	Azote	87,1	»
	Oxygène et acide carbonique. .	12,9	»
5 août	Azote.	84,5	»
	Oxygène et acide carbonique. .	15,5	»
6 août	Azote.	82,9	»
	Oxygène et acidc carbonique, .	17,1	»
7 août	Azote.	82,3	»
	Oxygène et acide carbonique. .	17,7	»

L'acide carbonique était en faible proportion; nous ne l'avons dosé que deux fois, savoir :

5 août.	1.65	pour cent.
6 août.	1.90	»

La diminution graduelle dans la proportion d'azote tient à ce que nous avons négligé de fermer le tube de verre servant d'orifice de sortie pour l'air comme pour l'eau; il est alors établi, avec l'air atmosphérique, une communication d'autant plus longue que l'eau d'égouttage est devenue moins abondante par suite de l'absence de pluie depuis le 15 juillet.

Il nous paraît ressortir de ces analyses que l'air confiné dans les couches profondes de la terre de nos cases est très riche en azote, et en second lieu que l'oxygène, qui fait défaut ici comme dans les expériences de MM. Boussingault et Léwy, ne doit pas seulement sa diminution aux combustions produites, mais très probablement aussi à la difficulté qu'il éprouve à traverser les parties argileuses et mouillées de notre sol.

De nouvelles recherches sont évidemmeut nécessaires pour fixer le rôle des divers constituants de cet air confiné; pour le moment il nous a paru utile d'appeler l'attention sur les modifications que l'air éprouve en pénétrant dans le sol et en y produisant des phénomènes chimiques et physiques dont la nature nous échappe encore.

Nous résumerons ce travail par les conclusions suivantes :

1° — La proportion d'eau apportée par les pluies qui traversent une terre cultivée varie dans certaines limites, pour une même terre, suivant son tassement, et d'une terre à une autre suivant leur composition. Elle est en moyenne de 25 pour cent pour celle de nos cases de végétation.

2° Cette eau emporte avec elle des matières fertilisantes qui doivent amener à la longue, si cette eau trouve un écoulement facile, un épuisement du sol.

3° L'air confiné dans la terre arable est beaucoup plus riche en azote que l'air atmosphérique, et la diminution d'oxygène peut être attribuée à d'autres causes qu'à des combustions souterraines.

SUR LA DÉCOMPOSITION DE L'ACIDE CARBONIQUE

PAR LES FEUILLES ÉCLAIRÉES PAR DES LUMIÈRES ARTIFICIELLES

PAR MM.

P.-P. DEHÉRAIN

Docteur ès sciences, professeur à l'École de Grignon.

L. MAQUENNE

Licencié ès sciences, répétiteur à l'École de Grignon.

M. Hervé Mangon et M. Prilleux ont montré, il y a déjà quelques années, que des feuilles développées dans l'obscurité, présentant la teinte jaune des plantes étiolées, verdissent quand elles sont soumises à l'action des lumières artificielles. — Continuant ces recherches, M. Prilleux (Comptes-rendus 1869, p. 408) a placé des rameaux d'Elodéa dans de l'eau légèrement chargée d'acide carbonique et les a exposés à l'action des lumières artificielles, il a vu s'échapper des sections des rameaux de petits filets gazeux : quand le dégagement n'est pas trop rapide on peut compter les bulles émises dans un temps donné et en déduire l'intensité avec laquelle se produit le phénomène.

En s'appuyant sur les expériences de M. Prilleux, les seules que nous connaissons sur ce sujet, peut-on affirmer que les lumières artificielles sont capables de déterminer la décomposition de l'acide carbonique? Est-il certain que le gaz qui s'échappe par les rameaux coupés est bien de l'oxygène provenant de la décomposition de l'acide carbonique?

Nous ne pensons pas que l'expérience soit suffisante pour qu'on en puisse déduire que les lumières artificielles déterminent la décomposition de l'acide carbonique ; en effet, lesfeuilles renferment toujours une certaine quantité de gaz, ces feuilles exposées à l'action de radiations à la fois calorifiques et lumineuses peuvent laisser dégager le gaz qu'elles contiennent par suite de l'échauffement qu'elles subissent et le dégagement gazeux observé est peut-être simplement l'air qui était primitivement renfermé dans les feuilles[1].

Il est très possible cependant que le dégagement gazeux soit dû non seulement à un échauffement du gaz de la feuille, mais aussi à une décomposition d'acide carbonique ; l'expérience de M. Prilleux laisse la question indécise et pour arriver à une certitude il nous a paru nécessaire de nous placer dans des circonstances telles qu'il fût possible de procéder à des analyses nous montrant un excès d'oxygène dans l'atmosphère où avaient séjourné les feuilles.

Il est évident que, pour que le phénomène d'assimilation soit sensible, il faut fournir à la plante une somme de lumière suffisante pour qu'elle dégage un volume d'oxygène au moins égal à celui qui est consommé pendant le même temps par la respiration ; or, pour arriver à ce résultat, on est nécessairement conduit à rapprocher beaucoup la feuille de la source lumineuse, et il arrive bientôt un moment où la chaleur obscure qui est rayonnée en même temps que la lumière, devient suffisamment intense pour désorganiser les tissus chlorophylliens qui aussitôt cessent de fonctionner[2].

Habituellement cette difficulté ne se rencontre pas quand on opère au soleil, car dans ce cas le rapport de la chaleur obscure à la chaleur totale est seulement de 7/10 environ, tandis que pour les sources artificielles, il s'élève quelquefois jusqu'à 9/10, nombre trouvé pour le rayonnement du platine dans la lampe de M. Bourbouze.

Il nous a dès lors semblé que, dans les expériences de M. Prilleux, l'eau jouait surtout le rôle d'un corps absorbant, chargé d'arrêter au passage les radiations obscures et par suite de ramener le rayonnement des lumières artificielles à une constitution physique analogue au rayonnement du soleil.

1. Voyez la note de M. Barthélemy, *Ann. de chimie et de phys.*, 6e série, tome 13, page 140, 1878.

2. L'un de nous a fait voir, dans une note communiquée à l'Académie des sciences (décembre 1878) que le pouvoir absorbant des feuilles pour la chaleur obscure émise par la lampe Bourbouze est égal à 0.70 en moyenne.

C'est en se basant sur cette première idée théorique que toutes les expériences que nous allons décrire ont été entreprises.

Dans une première série d'essais nous avons laissé des plantes immergées dans une dissolution faible d'acide carbonique, suivant le procédé classique de MM. Cloëz et Gratiolet; nous avons bien vu, comme l'a observé M. Prilleux, une multitude de bulles gazeuses couvrir la surface des feuilles et s'échapper rapidement par la section des tiges ou des pétioles, mais lorsque nous avons cherché à déterminer, par la méthode de M. Boussingault, la composition de l'atmosphère dissoute dans l'eau, de l'atmosphère de l'eau et des feuilles ayant subi ou non une illumination artificielle, nous n'avons pas obtenu des résultats satisfaisants. Nous avons donc dû renoncer à cette méthode, et nous avons opéré en plaçant nos feuilles dans une atmosphère gazeuse chargée d'acide carbonique, et en les protégeant de l'action trop intense des rayons caloriques par une couche d'eau de un à deux centimètres d'épaisseur[1].

§ 1. — **Appareil employé.**

Les premiers essais que nous avons exécutés nous ont fait voir que nous ne pouvions arriver à des résultats précis qu'en opérant par comparaison, c'est-à-dire en déterminant avec exactitude les changements de composition que la présence d'une feuille déterminait dans l'atmosphère gazeuse où elle était placée, et pour apprécier ces changements sans cause d'erreur, nous avons résolu de remplir simultanément deux tubes, dont l'un renfermait une feuille, dont l'autre servait de *témoin*, avec le même mélange gazeux; puis, de soumettre ces deux tubes aux mêmes conditions de température, pour que la petite quantité d'eau qui restait en contact avec l'atmosphère gazeuse ne pût pas dissoudre des quantités variables d'acide carbonique; après quelques tâtonnements nous nous sommes arrêtés à la disposition suivante :

On a coupé d'abord deux tubes de verre semblables à ceux qu'on emploie dans les analyses organiques à une longueur de 25 centimètres environ, on les a munis à l'extrémité inférieure d'un bouchon plein et à l'extrémité supérieure d'un bouchon muni d'un tube qui

1 On sait, d'après M. Aymonnet (Comptes rendus, 1876), que, dans une auge en verre de un centimètre d'épaisseur, l'eau absorbe les 0,802 de la chaleur émise par la lampe de M. Bourbouze.

porte un caoutchouc qu'on peut écraser à l'aide d'une pince, ce caoutchouc se raccorde à un tube courbé en arc de cercle auquel est soudé un tube vertical, celui-ci, maintenu à l'aide d'une pince et d'un support est terminé par un long caoutchouc.

On introduit une feuille étroite et longue comme celle des graminées dans l'un des tubes à analyse, puis on dispose les deux tubes au-dessus d'une cuve à eau et l'on aspire par le caoutchouc en ouvrant les deux pinces, de façon à remplir simultanément d'eau les deux tubes, celui qui renferme la feuille et le témoin; l'eau remplit tout l'appareil, on continue d'aspirer jusqu'à ce que le tube de caoutchouc soit plein lui-même; on le serre alors fortement avec les doigts de façon à le conserver plein d'eau et on l'abaisse au-dessous du niveau de la cuve pour qu'il fonctionne comme siphon; lorsqu'on reconnaît qu'il ne reste pas une seule bulle d'eau dans l'appareil, on laisse se fermer les deux pinces, puis on adapte l'extrémité du caoutchouc au robinet supérieur d'un gazomètre renfermant un mélange d'air et d'acide carbonique; on tourne les robinets, on desserre les pinces et le gaz remplit aussitôt les deux tubes. On abandonne les pinces qui écrasent les tubes de caoutchouc, on ferme les tubes inférieurement avec le bouchon plein sans les sortir de l'eau, on les sépare du tube en arc de cercle, et les deux tubes renfermant un mélange gazeux identique sont prêts à être exposés à l'action de la lumière,

La quantité d'eau qui reste au bas des deux tubes est très faible et ne peut avoir qu'une très petite inflence sur la composition du gaz, elle est au reste la même dans les deux tubes, ceux-ci sont immergés dans de grandes éprouvettes remplies d'eau, et placées à égale distance de la source lumineuse; cette distance a varié de 6 à 8 centimètres; les expériences ont duré de une heure à une heure et demie, elles ont eu lieu souvent pendant la nuit, de façon que la lumière solaire ne pût avoir ancune influence perturbatrice.

Quand on met fin à l'expérience, on transporte les tubes sous la cuve à eau, on enlève le bouchon inférieur, on engage le caoutchouc supérieur dans un tube gradué rempli d'eau, on desserre la pince, le gaz monte dans le tube gradué, on le mesure et on l'analyse à l'aide de la potasse, puis du mélange de l'alcali et de l'acide pyrogallique.

Protégées par la couche d'eau, les feuilles résistent très bien à l'action des sources, même les plus chaudes, elles ne présentent aucune

altération, et il est arrivé souvent qu'on les ait employées à deux opérations successives.

§ II. Expériences à l'aide de la lumière de Drummond.

Expérience n° 1, 28 avril 1879. — Durée : une heure, feuille de tulipe. — Distance de la feuille à la lampe 8 centimètres.

Analyse du gaz sans feuille.				*En centièmes.*	
Gaz analysé	19.45	A. carb.	1.45	A. carbonique.	6.01
Après potasse	18.00	Oxygène.	3.60	Oxygène	18.79
Après acide pyrogallique.	14.40			Azote	75.19

Analyse du gaz en contact avec la feuille.					
Gaz analysé	19.40	A. carb.	0.9	A. carbonique.	4.64
Après potasse	18.50	Oxygène.	3.8	Oxygène	19.58
Après acide pyrogallique.	14.70			Azote	75.77

Changement de composition déterminé par la feuille.

Acide carbonique	— 1.37
Oxygène	+ 0.79
Azote	+ 0.58

Expérience n° 2, 29 avril 1879. — Durée : une heure et demie, feuille de hemerocalis fulva. — Distance de la feuille à la lampe 6 centimètres.

Analyse du gaz sans feuille.				*En centièmes*	
Gaz analysé	18.2	A. carb.	0.6	A. carbonique	3.29
Après potasse	17.6	Oxygène.	3.4	Oxygène	19.78
Après acide pyrogallique.	14.0			Azote	76.92

Analyse du gaz en contact avec la feuille.				*En centièmes.*	
Gaz analysé	20.0	A. carb.	0.3	A. carbonique.	1.5
Après potasse	19.7	Oxygène.	4.5	Oxygène	22.5
Après acide pyrogallique.	15.2			Azote	76.0

Changement de composition produit par la feuille.

Acide carbonique	— 1.79
Oxygène	+ 2.72
Azote	— 0.92

Expérience n° 3, 30 avril 1879. — Durée : une heure 35 minutes, feuille de hemerocalis fulva. — Distance 6 centimètres.

Analyse du gaz sans feuille.				*En centièmes.*	
Gaz analysé.............	18.35	A. carb..	0.70	A. carbonique.	3.81
Après potasse...........	17.65	Oxygène.	3.55	Oxygène.....	19.34
Après acide pyrogallique.	14.10			Azote........	76.83

Analyse du gaz en contact avec la feuille.				*En centièmes.*	
Gaz analysé.............	20.1	A. carb..	0.4	A. carbonique.	1.99
Après potasse...........	19 7	Oxygène.	4.3	Oxygène.....	21.39
Après acide pyrogallique.	15.4			Azote........	76.61

Changement de composition produit par la feuille.

Acide carbonique....	— 1.82
Oxygène............	+ 2.05
Azote..............	— 0.22

Expérience n° 4, 1er mai 1879. — Durée : une heure et demie, feuille de hemerocalis fulva. — Distance 6 centimètres.

Analyse du gaz sans feuille.				*En centièmes.*	
Gaz analysé.............	18.3	A. carb..	0.6	A. carbonique.	3.28
Après potasse...........	17.7	Oxygène.	3.6	Oxygène.....	19.67
Après acide pyrogallique.	14.1			Azote........	77.05

Analyse du gaz en contact avec la feuille.				*En centièmes.*	
Gaz analysé.............	19.4	A. carb..	0.3	A. carbonique.	1.55
Après potasse...........	19.1	Oxygène.	4.2	Oxygène.....	21.65
Après acide pyrogallique.	14.9			Azote........	76.80

Changement de composition produit par la feuille.

Acide carbonique	— 1.73
Oxygène	+ 1.98
Azote	— 0,25

Expérience n° 5, 16 mai 1879. — Durée : une heure et demie, feuille de blé. — Distance 6 centimètres.

Analyse du gaz sans feuille.				*En centièmes.*	
Gaz analysé.............	19.6	A. carb..	1.7	A. carbonique.	8.67
Après potasse...........	17.9	Oxygène.	3.8	Oxygène.....	18.37
Après acide pyrogallique.	14.1			Azote........	72.96

Analyse du gaz en contact avec la feuille.				*En centièmes.*	
Gaz analysé.............	19.5	A. carb..	1.1	A. carbonique.	5.64
Après potasse...........	18.4	Oxygène.	4.2	Oxygène.....	21.54
Après acide pyrogallique.	14.2			Azote........	72.82

Changement de composition produit par la feuille.

Acide carbonique	— 3.03
Oxygène	+ 3.17
Azote	— 0.14

Expérience n° 6, 19 mai 1879. — Feuille de blé. — Distance 6 centimètres.

Analyse du gaz sans feuille.				*En centièmes.*	
Gaz analysé............	18.85	A. carb..	1.40	A. carbonique.	7.43
Après potasse...........	17.45	Oxygène.	3.55	Oxygène.....	18.83
Après acide pyrogallique.	13.90			Azote........	73.74

Analyse du gaz au contact de la feuille.				*En centièmes.*	
Gaz analysé...........	19.9	A. carb..	1.0	A. carbonique..	5.0
Après potasse...........	18.9	Oxygène.	4.2	Oxygène......	21.1
Après acide pyrogallique.	14.7			Azote.........	73.9

Il est donc bien évident d'après les chiffres précédents que la lumière d'une lampe de Drummond est assez intense pour déterminer le phénomène fondamental de la végétation; c'est ce qui apparaîtra encore plus nettement en réunissant les résultat des six expériences précédentes dans le tableau suivant :

Décomposition de l'acide carbonique par les feuilles sous l'influence de la lumière de Drummond.

	Acide carbonique disparu.	Oxygène apparu.
Expérience n° 1................	1.37	0.79
» n° 2................	1.79	2.72
» n° 3................	1.82	2.05
» n° 4................	1.73	1.98
» n° 5................	3.03	3.17
» n° 6................	2.40	2.27
	11.14	10.98

Nous reconnaissons de plus que le volume d'oxygène dégagé représente à peu près le volume d'acide carbonique disparu.

§ III. Expériences à l'aide de la lampe Bourbouze.

Le succès que nous avions obtenu à l'aide de la lumière de Drummond nous a encouragés à tenter les mêmes expériences avec une autre source lumineuse, la lampe Bourbouze ; il était vraisemblable *à priori* qu'on devait obtenir des effets moins avantageux, car la lampe Bourbouze ne présente pas un éclat lumineux aussi grand que celui de la lampe de Drummond : en comparant en effet l'éclat de ces deux appareils par des méthodes très approximatives, nous avons trouvé que si la lampe de Drummond avait un éclat égal à

celui de 71 bougies, la lampe Bourbouze équivalait seulement à 62 bougies.

Les expériences ont été disposées comme les précédentes, en immergeant les tubes dans des vases remplis d'eau, il fallait renouveler celle-ci plus fréquemment que lorsqu'on a employé la lumière de Drummond, en effet, si la lampe Bourbouze est moins brillante que la lumière de Drummond, elle est beaucoup plus chaude.

Expérience n° 7. — Distance 20 centimètres environ, durée une heure, feuille de tulipe sauvage.

Analyse du gaz sans feuille.				*En centièmes.*	
Gaz analysé.............	19.1	A. carb..	1.2	A. carbonique.	6.28
Après potasse...........	17.9	Oxygène.	3.5	Oxygène.....	18.32
Après acide pyrogallique.	14.4			Azote........	75.40

Analyse du gaz en contact avec la feuille.				*En centièmes.*	
Gaz analysé.............	18.5	A. carb..	0.9	A. carbonique.	4.86
Après potasse...........	17.6	Oxygène.	3.6	Oxygène.....	19.45
Après acide pyrogollique.	14.0			Azote........	75.69

Changement de composition dû à la feuille.

Acide carbonique	— 1.42
Oxygène	+ 1.13
Azote	+ 0.29

Expérience n° 8. — Suite de l'expérience précédente. — Durée: deux heures, même feuille, on change l'eau du manchon une heure après le commencement de l'expérience.

Analyse du gaz sans feuille.				*En centièmes.*	
Gaz analysé.............	21.3	A. carb..	1.3	A. carbonique.	6.10
Après potasse...........	20.0	Oxygène.	4.0	Oxygène.....	18.78
Après acide pyrogollique.	16.0			Azote........	75.12

Analyse du gaz au contact de la feuille.				*En centièmes.*	
Gaz analysé	19.5	A. carb..	1.0	A. carbonique.	5.13
Après potasse...........	18.5	Oxygène.	3.7	Oxygène......	19.00
Après acide pyrogallique..	14.8			Azote........	75.87

Changement de composition dû à la feuille.

Acide carbonique	— 0.97
Oxygène	+ 0.22
Azote	+ 0.75

Pour ne pas allonger indéfiniment ce travail, nous résumerons dans le tableau suivant les résultats obtenus à l'aide de la lumière Bourbouze :

	Acide carbonique disparu.	Oxygène apparu.
Expérience n° 7	1.42	1.13
» n° 8	0.97	0.22
» n° 9	0.45	0.09
» n° 10	0.50	0.62
» n° 11	0.48	0.09
» n° 12	0.38	0.39
	4.20	2.54

Ainsi, dans toutes ces expériences, il y a eu action de la feuille, mais cette action est faible ; il est bien à remarquer cependant que, si on n'avait pas soumis les feuilles à l'influence de la lumière, on aurait obtenu un résultat probablement inverse de celui que nous avons constaté. En effet, nous avons abandonné une feuille à la lumière diffuse du laboratoire pendant quatre heures, puis nous avons procédé à l'analyse des gaz comme précédemment.

Analyse du gaz sans feuille. — *En centièmes.*

Gaz analysé	22.3	A. carb.	1.5	A. carbonique.	6.72
Après potasse	20.8	Oxygène.	4.0	Oxygène	17.94
Après acide pyrogallique	16.8			Azote	75.34

Analyse du gaz au contact de la feuille. — *En centièmes.*

Gaz analysé	18.9	A. carb.	1.6	A. carbonique.	8.46
Après potasse	17.3	Oxygène.	3.1	Oxygène	15.86
Après acide pyrogallique.	14.2			Azote	75.68

Changement de composition dû à la feuille.

Acide carbonique	+1.74
Oxygène	—2.08
Azote	+0.34

Dans une autre série d'essais, nous avons exposé en même temps à la même source de lumière deux tubes renfermant chacun une feuille, mais on avait préservé l'une d'elles de l'action des rayons lumineux en entourant le tube qui la contenait d'une gaine de clinquant. Les résultats trouvés ainsi ont été, comme on va le voir, absolument conformes aux précédents.

Lampe Bourbouze. Feuille d'avoine.

Exp. 1. Composition centésimale du gaz employé	CO^2	10.4
	O	15.6
	Az	74.0

Composition du gaz dans lequel a séjourné la feuille	Éclairée	CO^2	9.1
		O	16.3
		Az	74.6
	Non éclairée	CO^2	10.6
		O	15.0
		Az	74.4
Exp. 2. Composition centésimale du gaz employé		CO^2	10.7
		O	15.2
		Az	74.1
Composition du gaz dans lequel a séjourné la feuille	Éclairée	CO^2	9.7
		O	16.1
		Az	74.2
	Non éclairée	CO^2	10.8
		O	15.0
		Az	74.2

Ainsi une feuille abandonnée à l'obscurité, ou simplement à la lumière diffuse, une feuille, en un mot, qui n'est pas frappée par les rayons directs d'une source lumineuse, consomme de l'oxygène et émet de l'acide carbonique; comme nous avons obtenu sous l'influence de la lampe Bourbouze un excès d'oxygène et une diminution d'acide carbonique, nous sommes forcés de reconnaître que ses rayons possèdent une certaine efficacité pour déterminer la décomposition de l'acide carbonique. En comparant toutefois les résultats obtenus à l'aide de la lumière de Drummond à ceux qu'a fournis la lampe Bourbouze, on trouve des différences telles qu'on ne saurait les attribuer à l'inégal éclat des deux flammes et qu'il faut qu'une autre cause intervienne.

Or, de nombreuses expériences dues à MM. Gareau, Corenwinder, Sachs, Mayer, Bœhm, enfin à l'un de nous travaillant en collaboration avec M. Moissan, ont montré que le phénomène de respiration dont les végétaux sont le siège est particulièrement excité par la chaleur obscure; la quantité d'acide carbonique émise par les feuilles est d'autant plus grande que ces feuilles sont exposées à une température plus élevée. On conçoit donc qu'une source puisse produire sur les feuilles des résultats très différents, suivant l'abondance relative des radiations lumineuses et des radiations calorifiques, puisque, si les unes favorisent la décomposition de l'acide carbonique et l'émission d'oxygène, les autres, au contraire, en élevant la température de la feuille, déterminent l'absorption de l'oxygène et l'émission d'acide carbonique.

Il devenait donc probable que, si nous avions réussi à montrer la

décomposition de l'acide carbonique à l'aide de la lumière de Drummond, c'était parce que nous avions absorbé, à l'aide de notre manchon rempli d'eau, une partie de la chaleur obscure émanée de la source, et que nous avions ainsi pu faire dominer l'influence des radiations lumineuses; le même procédé, appliqué à la lampe Bourbouze, ne s'est plus montré aussi efficace, probablement parce que, les radiations calorifiques étant beaucoup plus intenses, nous n'avons pas pu soustraire assez complètement notre feuille à l'action de ces radiations calorifiques.

Avant d'admettre cette interprétation des résultats précédents, il fallait toutefois les soumettre à une sérieuse vérification ; les études de M. Aymonnet sur les pouvoirs diathermanes de divers liquides nous rendaient ce travail facile : la benzine laisse passer bien plus de rayons calorifiques que l'eau. Dans une auge en verre d'un centimètre d'épaisseur, la benzine absorbe seulement 0,486 du rayonnement de la lampe Bourbouze, l'eau absorbant 0,802. Il était donc probable qu'en disposant nos appareils comme précédemment, mais en remplissant les manchons de benzine, on obtiendrait avec la lampe Bourbouze des résultats encore plus désavantageux que ceux qu'avaient fournis les expériences où l'eau retenait une importante fraction de la chaleur obscure émise par la source.

§ IV. Décomposition de l'acide carbonique par les feuilles, dans des manchons remplis d'eau ou de benzine. Expériences avec la lampe Bourbouze, et la lumière Drummond.

Le remplissage des tubes avec les gaz a encore été fait simultanément. L'appareil s'est un peu compliqué, mais il est encore cependant d'une construction assez simple : un tube vertical auquel est fixé un long caoutchouc fixé dans un support est soudé à un tube en arc de cercle; chacune des deux branches de celui-ci est reliée par un caoutchouc à un tube vertical soudé lui-même à un tube en arc de cercle, on a ainsi quatre ouvertures qui, munies de caoutchoucs et de pinces peuvent recevoir quatre tubes; par aspiration on remplit d'eau tout l'appareil après que les feuilles ont été introduites, puis, en mettant le caoutchouc adapté au tube vertical qui termine tout l'appareil en relation avec un gazomètre, on peut, en desserrant les pinces qui écrasent les caoutchoucs, faire pénétrer simultanément le gaz dans chacun des quatre tubes.

Deux d'entre eux ne renferment pas de feuilles, les deux autres contiennent des feuilles identiques ; mais l'un est plongé dans une éprouvette remplie d'eau et l'autre dans un manchon rempli de benzine. Toutefois, cette matière étant très inflammable et devant se trouver très près d'une flamme très vive, il fallait la soustraire à l'action de l'air et de plus la refroidir constamment, de façon à empêcher son échauffement et une émission de vapeurs inflammables qui n'auraient pas laissé que d'être dangereuses. On a réussi à opérer sans risque en montant avec beaucoup de soins un appareil à circulation continue dans lequel la benzine arrivait par la partie inférieure du manchon, puis s'écoulait par la partie supérieure et passait dans un serpentin rempli d'eau froide pour revenir au tube qui la ramenait à la partie inférieure du manchon.

Nous donnerons seulement ici le résumé des expériences qui ont été exécutées, soit avec la lampe de Drummond, soit avec la lampe Bourbouze.

Décomposition de l'acide carbonique par les feuilles placées dans des manchons remplis d'eau ou de benzine. Lumière Drummond.

	Manchon rempli d'eau.		Manchon rempli de benzine.	
	Acide carbonique disparu	Oxygène apparu	Acide carbonique disparu	Oxygène apparu
Expér. n° 13.....	2.40	2.27	0.79	0.72
» n° 14.....	2.75	2.63	1.07	1.09
» n° 15.....	2.20	1.92	1.90	1.92
» n° 16.....	1.12	0.96	0.71	1.06
	8.47	7.78	4.47	4.79

Lampe Bourbouze.

Expér. n° 17.....	— 1.05	+ 0.42	+ 1.08	— 1.66
» n° 18[1]....	— 0.21	— 0.02	+ 0.51	— 0.42
» n° 19.....	— 1.83	+ 1.39	— 1.16	+ 0.90
» n° 20.....	— 0.84	+ 0.98	— 0.39	+ 0.17
» n° 21.....	— 0.88	+ 1.33	+ 1.08	— 1.04
» n° 22.....	— 0.62	+ 0.76	+ 0.62	— 0.13
Total.....	— 5.43	+ 4.90	+ 1.74	— 2.18

1. M. Aymonnet a montré (Comptes rendus 1876) qu'une solution de chlorure de strontium à 22 0/0 absorbe sous la même épaisseur de 1 centimètre un peu plus de chaleur obscure que l'eau pure ; dans l'expérience 19, nous avons remplacé l'eau par une dissolution de chlorure de strontium, le résultat a été un peu meilleur, mais il faut sans doute l'attribuer plutôt aux feuilles qu'au chlorure lui-même, car il s'est

La vérification est donc complète. Quand on a employé la lumière de Drummond on a encore obtenu, en entourant les feuilles de benzine, une faible décomposition d'acide carbonique et une légère émission d'oxygène; mais les chiffres observés sont plus faibles de moitié que ceux qu'on a obtenus avec l'eau; toutefois, si nets que soient ces résultats, ils sont encore moins probants que ceux que fournissent les expériences exécutées avec la lampe Bourbouze; en effet, quand on a plongé les tubes dans de l'eau, on a obtenu une faible décomposition d'acide carbonique, mais, au contraire, quand ils ont été entourés de benzine, le phénomène de respiration a dominé, et quatre fois sur six on a trouvé plus d'acide carbonique et moins d'oxygène qu'il n'y en avait dans l'atmosphère mise en expérience : les radiations calorifiques ont donc prédominé sur les radiations lumineuses.

§ V. Décomposition de l'acide carbonique par des feuilles dans des manchons enveloppés d'eau, de benzine ou de chloroforme. Expériences avec la lampe Bourbouze et la lumière Drummont.

La benzine n'est pas le seul liquide diathermane que nous ayons employé ; le chloroforme présente encore un pouvoir absorbant plus faible que celui de la benzine (0,25 au lieu de 0,486), et il nous permettait d'obtenir une nouvelle vérification des résultats précédents. On a donc fait une troisième série d'expériences : les quatre tubes ont été remplis simultanément, trois d'entre eux renfermaient des feuilles aussi identiques que possible; on a fait usage surtout de feuilles de blé ou d'avoine; puis on exposait ensemble au rayonnement les tubes placés dans des manchons renfermant de l'eau, de la benzine ou du chloroforme, enfin le quatrième tube, plongé dans l'eau, ne recevait pas de feuilles et devait servir de témoin.

Expérience n° 23. — La méthode d'observation étant connue, l'ensemble des calculs ayant été donné dans de nombreux exemples, nous présenterons seulement dans ces dernières expériences les changements de composition du gaz produits par la feuille.

trouvé que notre dissolution renfermait 34 0/0 de sel hydraté, et, dans ces conditions, M. Aymonnet, qui a bien voulu se charger de faire pour nous cette détermination, a trouvé que son pouvoir absorbant était devenu égal à celui de l'eau.

		Manchon rempli.		
		Eau	Benzine	Chloroforme
Acide carbonique..	disparu — / apparu +	— 0.62	+ 0.62	+ 1.84
Oxygène..........	apparu + / disparu —	+ 0.76	— 0.13	— 1.47
Azote............	apparu + / disparu —	— 0.14	— 0.49	— 0.28

Expérience n° 24. — Changement de composition dû aux feuilles de blé. Lampe Bourbouze.

		Manchon rempli.		
		Eau	Benzine	Chloroforme
Acide carbonique..	disparu — / apparu +	— 1.49	— 0.08	— 0.15
Oxygène..........	disparu — / apparu +	+ 0.74	— 0.24	— 1.71
Azote............	disparu — / apparu +	+ 0.75	+ 0.32	+ 1.86

Expérience n° 25. — Changement de composition dû aux feuilles du sorgho d'Alep. Lampe Drummond.

	Eau	Chloroforme
Acide carbonique......... ..	—0.97	+0.83
Oxygène..................	+0.25	—0.91
Azote.................. ..	+0.72	+0.08

Expérience n° 26. — Sorgho d'Alep. Lampe Drummond.

	Eau	Chloroforme
Acide carbonique...........	—1.08	—0.58
Oxygène......	+0.88	—0.01
Azote.....................	+0.20	+0.59

Expérience n° 27. — Hemerocalis fulva. Lampe Drummond.

	Eau	Chloroforme
Acide carbonique...........	—4.17	—0.76
Oxygène...................	+4.58	+0.64
Azote....	—0.41	+0.12

Expérience n° 28. — Hemerocalis fulva. Lampe Drummond.

	Eau	Chloroforme
Acide carbonique...........	—3.44	—0.84
Oxygène...................	+4.10	+0.46
Azote.....................	—0.66	+0.38

Ces dernières expériences, exécutées avec la lumière de Drummont nous paraissent avoir un grand intérêt; quand nous avons fait agir cette lumière au travers d'une couche de benzine, nous avons encore observé nettement la décomposition de l'acide carbonique;

les résultats constatés ont été à peu près la moitié de ceux qu'a fournis la même lumière agissant au travers une couche d'eau; quand nous ne protégeons plus les feuilles contre la chaleur obscure que par une couche de chloroforme, nous avons encore une décomposition d'acide carbonique et une apparition d'oxygène, mais les différences observées entre les feuilles placées dans les manchons remplis d'eau ou de chloroforme deviennent infiniment plus sensibles; en effet, si nous résumons les cinq dernières expériences nous trouvons :

Lumière Drummond agissant au travers d'un manchon rempli.

	Eau.	Chloroforme.
Acide carbonique disparu........	9.66	1.35
Oxygène apparu...	9.79	0.20

Nous n'avons pas cru nécessaire de multiplier davantage ces expériences, la vérification nous paraissait suffisante pour établir bien nettement l'influence qu'exerce la chaleur obscure sur les feuilles, influence suffisante pour masquer parfois la décomposition de l'acide carbonique par les cellules à chlorophylle.

§ VI. Expériences exécutées au soleil.

Il arrive quelquefois, quand on expose des feuilles au soleil, dans une atmosphère chargée d'acide carbonique qu'on n'obtient pas de décomposition; comme pendant ces opérations, la température s'élève beaucoup, nous avions pensé que peut-être ces échecs étaient dus à l'influence de la chaleur obscure; nous avons tenté pendant le dernier été un certain nombre d'expériences pour reconnaître s'il était avantageux d'absorber une fraction plus ou moins forte de la chaleur solaire en plaçant les tubes contenant les feuilles dans des manchons renfermant des liquides diversement diathermanes; mais les résultats obtenus ne nous ont pas conduits à des conclusions précises; le ciel voilé de l'année 1879 se prêtait mal, au reste, à ces sortes d'essais, que nous comptons reprendre pendant une saison plus propice.

CONCLUSIONS.

Des expériences précédentes nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° Les feuilles placées dans des tubes immergés dans de l'eau et maintenus à une faible distance de la source lumineuse décomposent l'acide carbonique quand elles sont exposées à l'action de la lumière de Drummond.

2° Elles le décomposent encore, mais plus faiblement, quand elles sont éclairées par la lampe Bourbouze.

3° Quand les feuilles sont protégées par une couche d'eau, la décomposition a toujours lieu; quand elles sont enveloppées de benzine, beaucoup plus diathermane que l'eau, la décomposition est encore sensible sous l'influence de la lampe Drummond; elle ne l'est plus sous l'influence de la lampe Bourbouze, et on observe en général le phénomène inverse d'absorption d'oxygène et d'émission d'acide carbonique.

4° Quand on remplace la benzine par le chloroforme, plus diathermane, la lampe Drummond donne encore une très faible décomposition beaucoup moindre que lorsque le manchon renferme de la benzine; avec la lampe Bourbouze, le phénomène de respiration l'emporte sur celui d'assimilation, l'atmosphère s'appauvrit en oxygène et s'enrichit en acide carbonique.

5° Nos expériences donnent donc un nouvel exemple de l'action très différente qu'exercent sur les végétaux les radiations lumineuses et les radiations obscures : quand les premières dominent, les cellules à chlorophylle décomposent l'acide carbonique (soleil, lumière de Drummond ou lampe Bourbouze, agissant au travers d'une couche d'eau); quand les radiations obscures prennent le dessus, la plante consomme de l'oxygène et émet de l'acide carbonique (lampe Bourbouze, agissant au travers d'une couche de benzine ou de chloroforme)[1].

1. On sait cependant que pour obtenir le maximum de décomposition d'acide carbonique par les feuilles, il faut que celles-ci soient portées à une certaine température variable avec les espèces.

LE PANAIS

PAR

MM. B. CORENWINDER et CONTAMINE

Il y a plus de vingt années, M. Corenwinder a publié un premier mémoire contenant l'énoncé d'une série d'analyses de racines alimentaires, qu'il avait effectuées en collaboration de M. Dufau, alors préparateur au cours de chimie municipal de Lille. Ce jeune savant, qui donnait les plus brillantes espérances, a malheureusement été enlevé prématurément à la science.

Les racines qui avaient occupé ces chimistes étaient, particulièrement, diverses espèces de betteraves, de navets, de carottes, etc. Ils ont analysé aussi les résidus des industries rurales, utilisés pour la nourriture et l'engraissement du bétail : tels que la pulpe de betteraves, la drèche de bière et celle des distilleries de grains, les tourteaux de graines oléagineuses, etc.

Depuis, M. Corenwinder a poursuivi ces études. Il a publié, en 1869[2], d'autres analyses qui avaient eu pour objets : la betterave globe jaune, le rutabaga, la pulpe des distilleries de betteraves, etc.

La faveur dont jouit actuellement, en certains pays, le Panais (*Pastinaca sativa*) et les éloges que ne cessent de lui prodiguer des praticiens expérimentés, nous ont conduits à compléter ces travaux antérieurs par l'analyse détaillée de la racine de cette plante.

Ce qui nous a engagés surtout à poursuivre cette étude, c'est qu'il n'existe pas encore d'analyse détaillée du panais ; et pourtant, ainsi que le dit le savant agronome M. Girardin, dans son traité classique d'agriculture, « il serait bien utile de la faire ».

On savait depuis longtemps, d'après Drapiez, que cette racine renferme du sucre en quantité assez considérable. On verra, par le résultat de nos analyses, que cette assertion est exacte. Le sucre se trouve sous deux états moléculaires dans cette racine qui contient en outre de l'amidon et une proportion assez élevée de substances azotées.

1. Extrait des *Mémoires de la Société des Sciences, de l'Agriculture et des Arts de Lille*, année 1879, tome VIII, 4 série.

2. Archives de l'Agriculture du Nord de la France.

I

Le panais était connu des anciens. Il a été cité par Olivier de Serres, qui recommandait de le semer sur « un vieux fumier profondément labouré en terre, depuis le plus longtemps possible. »

Il n'est pas certain toutefois que la Pastenade dont parle Olivier de Serres dans le sixième livre de son théâtre d'agriculture, soit le véritable panais. Il est probable qu'il ne distinguait pas celui-ci d'avec la carotte blanche [1]. Voici ce qu'il a écrit à ce sujet :

« Les pastenades et carottes ne diffèrent entre elles presque en autre chose que la couleur, celle de l'une étant rouge et de l'autre blanche ; de fait, en Languedoc et ailleurs, on n'appelle autrement les carottes que pastenailles blanches ; ces deux noms étant confondus en plusieurs quartiers de ce royaume, même à Paris, où sans distinction on appelle ces racines pastenailles et carottes. Il faut les semer en terre profondément labourée pour les rendre d'autant plus longues que moins trouveront d'empêchement à pénétrer avant dans terre selon leur naturel ; elles désirent aussi la terre bien engraissée, mais de longue main et de vieux fumier... »

Depuis lors, tous les agronomes qui ont récolté cette plante en ont fait le plus grand éloge.

En 1813, Rose écrivait : (Encyclopédie méthodique, art. agriculture) « Tous les bestiaux, surtout les cochons, recherchent le » panais. Les vaches qui s'en nourrissent donnent du lait plus sa- » voureux et plus abondant. C'est pour sa racine, qui a une saveur » aromatique, sucrée ; qu'on cultive le panais ».

En Bretagne, notamment dans les arrondissements de Brest et de Morlaix, on cultive le panais comme plante fourragère. On donne sa racine au bétail, crue ou cuite. Cette nourriture augmente, chez les vaches, la sécrétion du lait ; et l'on a acquis la certitude que ce lait est riche en crème, et qu'il fournit du beurre jaune et d'un goût exquis.

Tous les auteurs sont unanimes pour attester les faits précédents.

1. On sait que le panais et la carotte blanche ont des caractères botaniques qui les différencient parfaitement. Celle-ci fait partie de la tribu des Dancinées, le panais se range parmi les Pencédanées. Le panais a des fleurs jaunes, la carotte des fleurs blanches ou rougeâtres.

Suivant Mathieu de Dombasles, cette racine est très profitable aussi pour l'engraissement du bétail. M. Girardin ajoute que les Bretons en font grand cas pour la nourriture des bestiaux, et un agronome expérimenté, « M. Le Bian », prétend que pendant vingt années qu'il a pratiqué l'élève du cheval, il a constaté que ceux qu'il nourrissait avec des racines de panais, étaient plus beaux, plus vigoureux, plus fringants, avaient la peau plus lisse que s'ils avaient été repus avec des carottes et de l'avoine [1].

Le panais jouit d'un avantage que n'ont ni la carotte ni les autres racines fourragères : il se conserve parfaitement en plein champ, pendant l'hiver, quelque rigoureux que soit celui-ci [2]. Cet avantage est précieux. Le cultivateur peut attendre, pour donner cette racine à son bétail, que ce dernier ait consommé les turneps, betteraves, carottes, etc., qu'on ne peut conserver qu'en silos.

D'après M. Le Bian, voici comment il convient de cultiver cette plante :

On commence par étendre le fumier sur le champ (une demi-fumure suffit), puis on l'enfouit profondément avec la charrue ou la bêche [3]. La graine de panais est semée ensuite avec le semoir ou à la volée, et on la couvre avec la herse ou le râteau. Cette graine ne demande pas à être enfouie profondément dans le sol. Les panais ne sortent de terre qu'une vingtaine de jours après les semailles. Quand ils ont atteint 5 à 6 centimètres, on donne un premier sarclage.

Il suffit de 4 kilogrammes de graines de panais pour ensemencer un hectare.

Le produit en racines, par hectare, peut s'élever, dans de bonnes conditions, à 35,000 kilogrammes.

M. Le Bian ajoute :

« Ceux qui contribueront à propager cette précieuse plante fourragère mériteront bien de l'agriculture. »

1. *Journal de l'Agriculture.*
2. On assure qu'en Islande le panais passe l'hiver en terre, sans aucun abri.
3. On a vu qu'Olivier de Serres prescrivait d'enfouir profondément le fumier avant l'hiver. Les praticiens capables savent combien cette méthode est excellente pour les plantes à racines pivotantes, surtout pour la betterave à sucre.

II.

Ce concert d'éloges nous a engagés à faire une analyse chimique complète de la racine du panais, afin de vérifier si sa composition justifie la faveur dont elle jouit. Nous avons poursuivi cette recherche avec persévérance en répétant plusieurs fois les déterminations importantes.

Racine du panais de Guernesey, récolté à Sequedin, près de Lille.

Poids moyen des racines.................... 200 grammes.

COMPOSITION CHIMIQUE

Ce panais a été récolté en 1877, l'analyse en a été faite au mois de février 1878.

Eau..............................	79,340
Substances azotées..................	2,363
Sucre cristallisable..................	8,257 [1]
Glucose............................	1,563
Cellulose...........................	2,050
Amidon............................	1,075
Pectine, corps indéterminés...........	4,327
Matières minérales..................	1,025
	100,000

Les matières minérales se composent de :

Sels solubles	Chlorure de potassium..............		0,088
	Potasse..........................		0,411
	Acide phosphorique................		0,128
	Acide sulfurique..................		0,035
	Acide carbonique..................		0,055
			0,717
Sels insolubles	Acide phosphorique................	0,086	0,309
	Acide carbonique..................	0,070	
	Magnésie.........................	0,050	
	Chaux............................	0,088	
	Fer, silice........................	0,015	
	Total.........		1,026

1. La richesse saccharine du panais, de même que celle de la betterave, varie suivant les espèces, les conditions de culture et les circonstances atmosphériques.

En calculant ces éléments en centièmes du poids des cendres et en les groupant sous forme de sels, on a :

Sels solubles	Chlorure de potassium		8,633
	Sulfate de potasse		7,478
	Phosphate de potasse ($PhO^5(KO)^2$)		37,024
	Carbonate de potasse		16,850[1]
			69,985
Sels insolubles	Phosphate de magnésie ($PhO^5MgO)^2$)	13,321	30,265
	Carbonate de chaux	15,476	
	Silice, fer	1,468	
			100,250

De ces analyses on peut conclure que le panais renferme relativement beaucoup de matières sèches composées de sucre, d'amidon, de matières azotées, etc.

Dans les cendres, on trouve plus de 40 p. 100 de potasse; et les phosphates y prédominent, puisque les deux quantités réunies dépassent 50 p. 100 du poids de ces cendres.

Comparée aux autres racines alimentaires, au point de vue des matières azotées, la racine du panais tient le premier rang, ainsi qu'on peut en juger par les chiffres suivants, qui résultent de nos analyses.

	AZOTE
Panais	0,378 p. 100
Betteraves à sucre	0,249 »
Carotte rouge de Flandre	0,226 »
Rutabaga (Navet de Suède)	0,225 »
Navet violet, long	0,211 »
Betterave globe, jaune	0,174 »
Betterave rouge, disette	0,167 »
Navet rond, blanc	0,161 »

L'analyse précédente et la comparaison que nous venons de faire justifient donc la bonne réputation dont jouit le panais. Ces chiffres donnent une nouvelle preuve de la concordance qui existe, lorsque les observations sont bien faites, entre les données de la science et celles de la pratique. La science aussi peut donc recommander la culture du panais aux agriculteurs.

1. Ces cendres ne renfermaient pas une uantité sensible de soude.

q

Nous ajouterons, en terminant, que la racine de cette plante est un légume d'hiver que l'homme ne doit pas dédaigner. A ce point de vue, elle mérite d'être cultivée dans les jardins potagers. Du reste, on en consomme beaucoup en différents pays, notamment en Allemagne et à Paris.

SUR LA MIGRATION DES PRINCIPES IMMÉDIATS DANS LES PLANTES LIGNEUSES

PAR

M. L. DESBARRES

Élève à l'école de Grignon

Les recherches suivantes ont été entreprises au laboratoire de l'École à l'instigation de M. Dehérain, dans le but de vérifier si, pendant le développement des bourgeons chez les végétaux ligneux, il se produit des phénomènes de migration et de transformation des principes assimilés antérieurement, analogues à ceux qu'on observe dans la germination des graines, des bulbes, des rhizômes et des tubercules.

Les observations ont porté sur les jeunes rameaux du sumac élégant (*Rhus elegans*).

Après en avoir enlevé l'écorce, j'y ai dosé les substances suivantes : les matières azotées, l'amidon et les matières minérales, particulièrement l'acide phosphorique, la potasse et la chaux.

J'ai fait ces dosages une première fois en hiver, pendant le repos de la végétation; puis je les ai recommencés après le développement des bourgeons.

Avant de donner les résultats que j'ai obtenus, et d'essayer d'en tirer des conclusions, je vais indiquer rapidement les méthodes analytiques que j'ai employées.

J'ai obtenu les substances azotées en faisant un dosage d'azote et en multipliant par 6, 25 le chiffre trouvé, étant admis que les matières albuminoïdes tiennent 16 p. 100 d'azote.

J'ai fait la détermination de l'amidon en le transformant en glycose par l'ébullition avec l'acide sulfurique étendu, et en faisant un titrage par la liqueur de Fehling. J'avais préalablement eu soin d'éliminer de la matière expérimentée toutes les substances (princi-

palement les corps pectosiques) qui partagent avec la glycose la propriété de décolorer la liqueur cupro-potassique.

J'ai obtenu les cendres en calcinant le bois au rouge sombre.

Pour déterminer l'acide phosphorique, j'ai dissous les cendres dans l'acide nitrique; dans la solution, j'ai précipité l'acide phosphorique par la liqueur molybdique à l'état de phospho-molybdate d'ammoniaque; j'ai redissous ce précipité dans l'ammoniaque, et j'ai ajouté de la liqueur magnésienne pour séparer de nouveau l'acide phosphorique, et cette fois sous forme de phosphate ammoniaco-magnésien. Enfin j'ai titré par la liqueur d'urane.

J'ai dosé la potasse en traitant la dissolution aqueuse des cendres par l'eau de baryte, afin de précipiter toutes les matières dissoutes, sauf les alcalis; puis en enlevant l'excès de baryte par le carbonate d'ammoniaque, en évaporant et en transformant la potasse en sulfate de potasse, que j'ai calciné et pesé.

Quant à la chaux, je l'ai déterminée en la précipitant d'abord par l'oxalate d'ammoniaque à l'état d'oxalate de chaux, puis en calcinant celui-ci, en ajoutant de l'acide sulfurique, et en calcinant de nouveau pour peser du sulfate de chaux.

Cela étant posé, le tableau suivant résume les nombres fournis par l'analyse aux deux époques précédemment indiquées. (Les chiffres se rapportant aux matières azotées, à l'amidon et aux cendres sont calculés pour 100 de matière sèche).

SUBSTANCES DOSÉES.	BOIS en hiver.	BOIS après le développement des bourgeons.	DIFFÉRENCE.
Matière sèche	p. 100. 72.16	p. 100. 66.70	5.46
Matières azotées	9.42	2.25	7.17
Amidon	17.31	1.57	15.74
Cendres	1.60	1.23	0.37
ANALYSE DES CENDRES.			
Acide phosphorique	4.56	3.42	1.14
Potasse	22.76	21.47	1.29
Chaux	41.62	41.41	0.21

Ces résultats sont concluants. Ils indiquent que le végétal ligneux, pendant la période d'activité, accumule des substances assimilées et des matières minérales dans ses rameaux, qui deviennent ainsi de véritables réservoirs nutritifs, à la manière des graines, des bulbes, etc.

Les réactions microchimiques m'ont permis, en observant le bois des rameaux en hiver, d'y reconnaître la présence des matières azotées et de l'amidon. J'ai vu ces substances emmagasinées dans les cellules du tissu fondamental; j'ai aussi observé des granulations amylacées dans certaines fibres, ainsi que dans le tissu parenchymateux des faisceaux fibro-vasculaires.

Au printemps, l'analyse montre que ces matériaux de réserve quittent les organes où ils sont conservés, et qu'ils se rendent aux bourgeons en croissance pour y être utilisés à la formation de nouvelles cellules, les matières azotées étant employées à la formation du protoplasma, de la chlorophylle, et l'amidon à celle des membranes cellulosiques.

Pendant le transport, ces matières subissent des transformations. Les substances albuminoïdes réapparaissent dans les protoplasma des nouvelles cellules à peu près telles qu'elles étaient auparavant; elles n'éprouvent donc que des modifications éphémères.

Mais l'amidon, pour accomplir sa migration, doit prendre une orme soluble,

Je n'ai jamais pu déceler la glycose dans les rameaux pendant le développement des bourgeons sans doute parce que sa formation est successive et qu'elle est utilisée aussitôt après sa production.

J'ai examiné à différentes reprises des bourgeons en voie d'accroissement (avant l'apparition de la chlorophylle); je n'y ai jamais trouvé d'amidon; il est donc probable que l'hydrate de carbone soluble formé par la transformation de l'amidon se modifie en donnant directement de la cellulose.

Les matières plastiques azotées et non azotées, sont accompagnées dans leurs migrations par certaines matières minérales. L'analyse des cendres montre que c'est surtout l'acide phosphorique et la potasse qui suivent ces mouvements.

C'est une preuve de plus à l'appui de l'opinion généralement admise par les physiologistes, sur l'existence d'une liaison intime entre les substances albuminoïdes et l'acide phosphorique.

LA RÉCOLTE DES FOURRAGES

PAR

J. DUPLESSIS

professeur d'agriculture du Loiret.

Deux circonstances déterminantes ont appelé l'attention du monde agricole sur la récolte des fourrages : l'été humide de l'année 1879 et la difficulté de trouver la main-d'œuvre nécessaire pour faire le fanage.

Avec des pluies presque persistantes il ne faut pas espérer pouvoir obtenir un foin de bonne qualité par les procédés de fenaison ordinaires.

Il y a même eu cette année beaucoup d'agriculteurs qui ont perdu une partie de leurs fourrages malgré les plus grandes précautions et les meilleurs soins de fanage.

Si les modes de fenaison du foin, que nous allons décrire, étaient généralisés, ils permettraient d'éviter ces pertes regrettables, qui doivent se chiffrer par des sommes énormes pour la France entière.

Ces modes ou ces procédés résident dans le principe de la moyette.

Depuis longtemps déjà la pratique agricole éclairée de notre pays fait usage de la moyette pour achever la maturation des céréales autant que pour les préserver de l'action pernicieuse des pluies.

L'administration supérieure de l'agriculture a fait cette année de généreux efforts pour propager l'usage de ladite moyette grâce à la publication d'une notice qu'elle a répandue à un grand nombre d'exemplaires.

Les céréales coupées un peu en vert et disposées en moyettes se conservent longtemps dans cette situation; elles y mûrissent parfaitement leurs grains et leurs pailles à l'abri des intempéries.

Les beaux travaux de MM. Isidore Pierre, Zoeller, Gareau et Corenwinder démontrent clairement qu'il y a migration, à un certain moment de la végétation, des principes qui composent les végétaux. Ces principes, qui existent d'abord dans tous les organes et en particulier dans les organes d'élaboration, émigrent aux sommités des axes floraux quelque temps avant maturité complète.

Il en résulte qu'il est possible de couper les céréales un peu en

vert sans porter aucun trouble à la maturation de leurs grains, ce qui est précieux pour effectuer toute la récolte en temps opportun.

M. le professeur Dehérain a démontré le mécanisme de cette migration aux pages 202-205 et 208-210 de son cours de chimie agricole.

I

Mais ces heureux phénomènes de la maturation et de la conservation des céréales en moyettes nous les observons *incidemment* pour les fourrages artificiels ou naturels qui existent en mélanges avec elles.

Toutes les fois que de pareils mélanges sont mis en moyettes, en effet, les agriculteurs constatent, à leur grande satisfaction, que céréales et fourrages mûrissent bien leurs graines et leurs tiges et se conservent longtemps dans cette situation. De pareils faits ne peuvent être de simples incidents et les lois de la maturation doivent être générales. Si les fourrages mûrissent et se conservent en mélange avec les céréales en moyettes, ils doivent aussi mûrir et se conserver *seuls* dans une situation analogue.

J'ai fait cette année des observations qui démontrent qu'il en est ainsi.

Des fourrages artificiels et naturels, disposés en moyettes par les temps pluvieux du mois de juin, ont donné des foins parfaitement faits, de couleur verte passant légèrement au brun et à odeurs très aromatiques.

Chez M. Charles Lefèvre, agriculteur du canton de Patay, la moyette, appliquée aux fourrages, est d'un emploi général.

Il en est de même à Chevilly, chez l'honorable M. Jules Darblay, président du comice agricole d'Orléans. De même aussi M. Thibault et Couteau, agriculteurs du Loiret, emploient la moyette pour la fenaison des fourrages : le premier depuis vingt-cinq ans et le second depuis douze ans.

Dans Seine-et-Oise M. E. Pluchet a fait aussi usage de la moyette pour la fenaison des fourrages (séance de la Société nationale d'agriculture du 28 juillet 1875). De même M. Vollant a très bien réussi dans l'application du même procédé (rapport présenté par M. Dailly, le 12 avril 1876, à la Société nationale d'agriculture de

France). De mon côté j'ai répété, sur une ferme que j'exploite, les expériences de ces messieurs, et j'ai obtenu, par la moyette, des foins de prairies naturelles de qualité supérieure à ceux fabriqués par la fénaison ordinaire avec des circonstances climatologiques identiques.

Il m'a été donné d'étudier avec soin, chez M. Lefèvre, cette heureuse application d'une pratique déjà *ancienne dans le Loiret.* Cet honorable agriculteur emploie deux femmes à la construction d'une moyette.

Chaque femme ramasse derrière le faucheur l'andain qu'il vient de faucher et en forme une forte brassée de 20 à 25 kilos de fourrage vert environ, qu'elle porte sur un point libre du sol, alors que la seconde femme en fait autant. Les deux brassées de fourrages réunies sur le même point sont placées à côté l'une de l'autre, de manière à se toucher intimement en haut par les inflorescences, tandis que leurs pieds sont écartés pour leur donner une base solide. L'ensemble présente un volume conique maintenu un instant au sommet par l'une des femmes, alors que l'autre attache celui-ci par un lien de même fourrage. Abandonnée à elle-même, cette moyette donne, après 6 à 10 jours, un foin qui se sèche bien et se conserve parfaitement par les temps de pluies.

L'extérieur blanchit ou noircit un peu suivant la nature du fourrage.

L'intérieur a, au contraire, une belle couleur verte passant au brun.

Le tout mélangé constitue un foin supérieur en qualité à celui obtenu, dans des circonstances identiques, par le fanage ordinaire.

Ces petites moyettes sont chargées par un beau temps directement dans les véhicules et transportées en *vrague* dans les meules et les fenils où on les mélange avant de les livrer à la consommation ou au commerce.

Il y a avantage aussi, au point de vue économique, à faire usage de la moyette pour la fenaison des fourrages. Ainsi chez M. Lefèvre la construction de celle-ci, qui dispense de la fenaison, ne coûte que 7 francs l'hectare, tandis qne le fanage ordinaire revient à 12 francs.

Cependant cette moyette n'est pas sans inconvénients lorsque les mauvais temps se prolongent. D'abord la partie extérieure du foin ne protège pas suffisamment la partie intérieure, et il en résulte que

la masse est plus ou moins pénétrée par la pluie et conséquemment la qualité en est diminuée.

En outre, le séjour prolongé de ladite moyette sur le sol nuit à la pousse du fourrage en raison même de l'étendue totale qu'elle occupe par hectare; et c'est là la plus grande objection que l'on puisse faire. Cette étendue est, en effet, surtout considérable dans les fourrages fortement développés. Alors les jeunes pousses des plantes, privées de lumière, s'allongent fort peu; et lorsqu'on vient à enlever la moyette, par un beau temps, elles sont vivement impressionnées par la lumière et la chaleur.

Comme conséquences, elles se dessèchent et meurent souvent; et dans tous les cas il y a une perte réelle pour l'agriculteur.

II

En faisant usage, au contraire, d'une moyette plus grosse, les inconvénients que nous venons de signaler sont évités.

C'est le procédé suivi par M. Thibault, lauréat de la prime d'honneur du Loiret, et par M. Couteau, habile agriculteur du canton d'Outarville.

Voici comment ces messieurs établissent leurs moyettes : quatre brassées de fourrage vert de 20 à 25 kilos sont disposées à côté les unes des autres, dans une position un peu oblique à la verticale, les inflorescences en haut, de manière à former un volume conique reposant sur le sol par sa base. Une cinquième brassée liée par le pied est placée sur ce volume, les inflorescences en bas, afin de lui servir de chapeau.

On construit ainsi en réalité une moyette *flamande* ou *normande* de fourrage vert mais de petite dimension, identique dans sa forme et sa construction à celle du même nom appliquée aux céréales. Le foin obtenu par cette moyette, chez M. Couteau, était parfaitement fait et bien conservé, depuis quinze jours, malgré les pluies abondantes du mois de juin. C'est cette moyette qui doit être recommandée de préférence à l'attention des agriculteurs.

Sa construction est un peu plus coûteuse que celle de la moyette à deux brassées que nous avons d'abord décrite, mais le fourrage est complètement protégé contre les intempéries; et elle ne cause

que le minimum de préjudice à la récolte suivante. Dans ce cas encore la fenaison est plus économique que par les procédés ordinaires.

III

Mais peut-on encore augmenter le volume de la moyette de manière à accentuer l'avantage que nous verrons de signaler?

Évidemment oui car le principe de la maturation et de la conservation doit être général. C'est ce qu'a démontré M. Couteau.

Le procédé qu'il emploie consiste essentiellement à faucher les fourrages à la machine, quel que soit du reste l'état de l'atmosphère pourvu qu'il ne tombe pas de pluie, puis à les abandonner vingt-quatre à trente-six heures sur le sol sans les faner. Ils sont alors dépouillés d'une partie de leur eau de végétation et ils peuvent être mis en petites meules dites *billottes* en Beauce. A cet effet ils sont d'abord disposés, encore verts, en rouleaux, routes ou boudins à l'aide du rateau à cheval, et mis ensuite en meules à l'aide d'une machine spéciale appelée enmeulonneuse ou ambillotteuse.

Le point remarquable ici est la *fabrication mécanique du foin* avec le concours de la faucheuse, du rateau à cheval et de l'ambilloteuse.

Cette dernière machine est aussi simple qu'ingénieuse. Elle consiste en une sorte de grande caisse montée sur deux roues, à section trapézoïdale décroissante de l'arrière à l'avant. Les parois de cette caisse sont élevées et existent seulement sur les deux côtés et à l'avant; l'arrière en est dépourvu pour permettre la décharge du foin. L'essieu ici est remplacé par deux fusées fixées aux côtés de la caisse de manière à laisser son intérieur libre. Le fond est constitué par des chaînes, espacées de 0 20 à 0 25, au nombre de 4 à 6, fixées à l'avant et à l'arrière à deux cylindres sur lesquels elles s'enroulent pour se raidir et supporter la charge du foin.

La machine est menée par un cheval et se vide lorsqu'elle est chargée en débrayant et en retirant le cylindre d'arrière qui est mobile. Les chaînes tombent alors sur le sol, et en faisant avancer le véhicule il laisse sa charge à l'endroit le plus convenable qu'on a pu choisir.

Lorsqu'on veut charger l'ambillotteuse il suffit de la faire passer entre deux rouleaux de fourrage et de la faire avancer au fur et à mesure que deux chargeurs y déposent le foin le plus près.

La caisse étant remplie l'un des chargeurs monte dessus pour la tasser et la terminer extérieurement en pointe mousse. Le contenu de la dite caisse constitue le corps de la billotte tandis que la partie supérieure lui sert de couverture.

En principe la machine doit avancer sans cesse tandis qu'on la charge; et la billotte se transporte ainsi au fur et à mesure qu'elle est confectionné.

Il en résulte alors que le chemin total parcouru par les hommes et par le cheval pour sa construction entière est minimum : il n'atteint que 130 mètres pour un poid de fourrages secs de 400 kilos. Au contraire lorsqu'on fait la même billotte à la main, les ouvriers se déplacent du centre à la circonférence et de la circonférence au centre pour chacune de leurs charges.

Ils parcourent ainsi au total 1760 mètres. D'où l'avantage, au point de vue du chemin, de la billotte mécanique sur la billotte faite à la main, exprimé par le rapport $\frac{1760}{130} = 14$.

Si nous examinons maintenant ce procédé de fabrication du foin dans son ensemble nous voyons qu'il présente une notable économie.

Ainsi à Outarville les opérations, à la main, du fauchage, du ramassage et de la mise en billottes d'un hectare de foin artificiel, reviennent à 25 francs. Au contraire, les mêmes travaux faits mécanique ne coûtent que 8 francs

L'économie de la récolte mécanique est ainsi exprimée par le rapport $\frac{25}{8} = 3$.

Dans une ferme de 260 hectares, de M. Couteau, les 6 employés à gages suffisent pour faire la récolte des fourrages tandis qu'autrefois on employait 32 personnes.

Cette supression complète du personnel de la fenaison est un avantage précieux à une époque où la main-d'œuvre est rare et conséquemment d'un prix élevé.

La fenaison du foin par la billotte mécanique est aussi bonne que par la moyette flamande, à quatre brassées et chapeau.

J'ai vu des expériences concluantes sur des luzernes, en pleine Beauce, à Outarville.

Ainsi, chez de grands agriculteurs comme M. Couteau Hauteville et Gandrille le procédé est exclusivement employé.

Des billottes mécaniques, du poid de 400 kilos de fourrage sec, faites depuis vingt-cinq jours, et soumises à des alternatives de pluies et de soleil, étaient bien conservées.

Le foin était parfaitement fané, à l'abri des intempéries : il avait intérieurement une belle couleur verte passant au brun et une odeur aromatique très agréable.

Extérieurement la couverture avait bien été blanchie un peu par les pluies, mais sur une faible épaisseur et elle ne peut altérer la qualité de l'ensemble après un mélange intime.

Conclusions. En résumé : 1° le fourrage peut être transformé en foin, par un temps humide, à l'aide de la moyette et de la billotte mécanique; 2° le fanage est supprimé avantageusement par l'un et l'autre procédé; 3° l'économie qui en est la conséquence est manifeste, surtout lorsqu'on emploie pour la coupe et la fenaison le concours simultané de la faucheuse, du rateau à cheval et de l'enmeulonneuse ou ambillotteuse.

ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES

CONGRÈS DE MONTPELLIER

SECTION D'AGRONOMIE

COMPTE RENDU DES SÉANCES

Par M. F. CONVERT
Professeur d'économie rurale à l'École d'agriculture de Montpellier.

L'association française pour l'avancement des sciences vient de tenir sa huitième session à Montpellier, du 28 août au 4 septembre. Son but, on le sait, est de provoquer le développement des études scientifiques, et d'en répandre le goût sur tous les points de notre territoire. Ses précédentes réunions ont eu lieu successivement à Bordeaux, à Lyon, à Nantes, à Lille, à Clermont, au Havre et à Paris, avec un succès toujours complet. Celle de Montpellier n'a été ni moins suivie, ni moins intéressante. Il ne pouvait en être autrement dans un milieu où le culte des recherches élevées a toujours été en honneur. La réputation de Montpellier n'est guère d'ailleurs que celle de ses anciennes et savantes institutions, de son École de

médecine dont la fondation remonte, pour ainsi dire, au même moment que celle de la cité naissante; de ses Facultés des sciences et des lettres; de sa vieille École de droit qui sera prochainement réouverte; de son École d'agriculture enfin dont la création récente a complété l'ensemble de ses établissements scientifiques. Le sciences agricoles n'en sont plus maintenant à la longue période des débuts et des tâtonnements; elles ont conquis leur place à côté de leurs devancières, nul ne songe plus à en contester la réalité. On les trouve partiellement représentées dans la plupart de nos centre universitaires; elles le seront bientôt dans tous. L'association française pour l'avancement des sciences les a groupées dans une section spéciale, la section d'agronomie. Son président, M. J. A. Barral, secrétaire perpétuel de la Société nationale d'agriculture de France, avait été désigné, dès l'année dernière, au Congrès de Paris; c'est M. Risler, directeur de l'Institut National agronomique, qui lui succèdera à la session de Reims en 1880.

Les travaux qui ont été présentés à la section d'agronomie du congrès de Montpellier sont aussi nombreux que variés. — Les uns se distinguent par leur caractère de généralité, les autres se rapportent exclusivement aux intérêts de la viticulture méridionale. Il convient de les étudier à part.

I

La chimie agricole a toujours été l'occasion de communications intéressantes aux diverses réunions de l'association française. La faveur dont elle est l'objet auprès des agronomes instruits n'est que la conséquence des services qu'elle a rendus; c'est aussi l'indice de ceux qu'on en attend encore, Ses principaux représentants ont été, à Montpellier, MM. P. P. Dehérain, Violette, Audoynaud, Ladureau et Renouard. Leurs noms sont bien connus des lecteurs des *Annales*; ils ne seront pas surpris de l'accueil qui a été fait aux communications de ces auteurs dont ils ont pu apprécier les travaux.

M. P. P. Dehérain a d'abord exposé, en son nom et en celui de son collaborateur, M. Maquenne, devant la section, le résultat de ses curieuses études *sur la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles sous l'influence de la lumière artificielle*. On avait pu croire, jusqu'à présent, que la lumière solaire exerçait sur la végé-

tation une action particulière qui lui était absolument propre. Il n'en est rien. La lumière artificielle produit des effets analogues, dont la *nature* varie selon que prédominent les radiations lumineuses ou les radiations calorifiques. De minutieuses expériences, faites à l'aide de la lumière Drummond et de celle que donne la lampe Bourbouze, l'ont établi d'une manière certaine. Ce sont dès maintenant des faits précieux pour la physiologie que ceux que viennent de constater MM. Dehérain et Maquenne; ils ne sont pas moins instructifs qu'originaux [1].

Depuis 1875, M. P.-P. Dehérain suit avec une grande attention *les cultures du champ d'expériences de Grignon* [2]. Ses observations lui ont fourni le sujet d'une deuxième communication que le public agricole a écoutée avec beaucoup d'intérêt. Si les travaux de laboratoire sont destinés à pénétrer les secrets de la vie des plantes, ce sont elles-mêmes qui sont appelées à s'exprimer sur la valeur des aliments qu'on leur procure dans les cultures expérimentales. M. P. P. Dehérain s'est gardé d'altérer les enseignements du champ d'essais annexé à la station agronomique de Grignon. Il a soumis aux yeux de la réunion des photographies et des tableaux graphiques qui montrent, avec une exactitude parfaite, l'aspect des végétaux sur lesquels il a porté ses recherches et les rendements qu'il en a obtenus. Les conclusions en découlent naturellement. Nous n'en relèverons qu'une, conforme aux déductions d'une saine économie rurale, c'est que les plus riches fumures ne sont pas celles qui donnent généralement les récoltes les plus lucratives. La culture intensive n'est donc pas toujours celle qu'on doit préférer. Sous ce nom, M. Dehérain désigne celle qui emploie beaucoup d'engrais; on pourrait dire celle qui emploie à la fois beaucoup de capital foncier, beaucoup de capital d'exploitation et beaucoup de travail.

Les expériences exécutées à Grignon représentent un cas particulier, il ne faudrait pas vouloir en généraliser trop vite les résultats. Ils ne sont rigoureusement établis que pour une situation spéciale. Comme le dit très bien M. Dehérain, il n'a eu d'autre prétention que de faire une monographie. Avant de prendre pour règle les expériences de Grignon, il convient de les répéter sur

1. Voyez plus haut, page 401.

2. Voyez les précédents volumes des Annales et la brochure de M. P. P. Dehérain, Cultures du champ d'expériences de Grignon pendant les années 1875, 1876, 1877, 1878. Masson, 1879.

d'autres points. Aussi, d'accord avec leur auteur, la section d'agronomie a-t-elle recommandé les travaux de M. Dehérain aux directeurs de stations agronomiques en exprimant le désir de les voir reprendre par leurs soins.

M. P.-P. Dehérain a entretenu encore la section d'agronomie *des pertes de matières sèches que subissent les plantes herbacées au moment de la maturation*[1]. Ses travaux ont confirmé ceux de ses prédécesseurs, mais il les a poussés plus loin. L'assimilation qui l'emporte sur la combustion pendant la période de croissance des végétaux devient moins active au contraire au moment de la formation des graines. Aux cultivateurs à faire leur profit de la démonstration de ce phénomène en choisissant l'époque la plus favorable pour la rentrée de leurs récoltes et surtout de leurs fourrages.

M. C. Violette, doyen de la Faculté des sciences de Lille, a appelé l'attention de la section sur *deux engrais nouveaux* qu'il désigne sous les noms de guano de suint et de guano de vinasse. Il en recommande l'essai aux savants et aux viticulteurs du Midi, d'après les résultats qu'on en a obtenus dans le Nord.

Les produits, dont M. C. Violette montre des spécimens, sont comme le guano du Pérou, des mélanges fort complexes, qui contiennent tous les principes fertilisants nécessaires aux plantes sous forme organique. S'il les propose de préférence aux matières dont ils proviennent, même après concentration, c'est qu'ils présentent sur elles des avantages incontestables. Ce ne sont pas, comme les premières, des substances pâteuses, d'un emploi difficile; ce sont au contraire des corps qui se présentent sous la forme de poudres sèches, peu hygrométriques, faciles à transporter et à utiliser sans main d'œuvre coûteuse. Ce sont, en outre, deux engrais rares qui peuvent mettre à la disposition des plantes, de la potasse « sans soude ni chlorure ».

Les traitements auxquels M. C. Violette soumet le suint ou la vinasse pour les transformer en guano, diffèrent peu entre eux. Il commence par fixer l'azote ammoniacal des résidus sur lesquels il opère, en y ajoutant un acide pendant leur concentration. La pâte qu'il obtient est introduite ensuite dans des fours à dessiccation, après avoir été additionnée de 50 p. 100 de superphosphate, de phosphate ou de carbonate de chaux. La matière organique étant devenue ainsi très peu combustible, la dessiccation n'offre plus de

1. Voyez Annales agronomiques, t. V, p. 271.

difficulté. Il ne reste qu'à broyer la masse qu'on retire après ces manipulations pour avoir soit du guano phosphaté, soit du guano phospho-azoté, soit du guano sulfaté, suivant le mode de préparation choisi.

Les engrais de M. Violette se caractérisent par leur richesse en éléments de fertilisation. Leur composition est assez variable sans jamais cesser cependant de donner des dosages élevés. On ne saurait émettre aucun doute sur leur efficacité. L'expérience confirme d'ailleurs, sous ce rapport, les résultats de l'analyse. Au dire de leur propagateur, on pourrait les obtenir à un prix sensiblement inférieur au prix courant actuel des produits commerciaux qui leur sont comparables. Ce sont là des qualités précieuses que sauront sans doute apprécier les cultivateurs, mais ce ne sont pas les seules qui méritent d'être examinées.

On doit savoir gré au savant doyen de la Faculté des sciences de Lille d'avoir insisté, dans sa communication, sur la différence de valeur que présentent les mêmes principes fertilisants, selon la forme plus ou moins maniable qu'ils présentent. Ce n'est pas tout d'avoir un engrais d'une composition déterminée, il faut encore pouvoir s'en servir. L'utilisation des matières pâteuses présente de sérieuses difficultés qui les font rejeter dans le plus grand nombre de circonstances, quel que soit leur prix. Les chimistes n'ont pas toujours donné assez d'importance à la constitution physique des engrais qu'ils ont eu à examiner. Le dosage est la base de leur estimation, mais il ne saurait dispenser de tous les autres moyens d'évaluation.

Le principal mérite de M. Violette consiste dans le parti qu'il propose de tirer de résidus dont on n'obtient actuellement que très peu de chose et dont la transformation rationnelle est susceptible de créer, au profit de l'industrie et de l'agriculture, des valeurs énormes.

Le mètre cube de suint, qui reste à peu près partout sans emploi rémunérateur, contient 148 kilogrammes de matière sèche dont la composition est la suivante :

Oxyde de potassium	27.30	
Oxyde de soude	0.90	
Chlorure de potassium	2.70	
Sulfate de potasse	2.70	
Silice alumine, etc	5.90	
Matières minérales		39.50

Azote	1.70	
Matières organiques	58.80	
Matières organiques		60.50
	100.00	100.00

Depuis que la potasse est descendue à des prix très bas, les vinasses ne sont guère mieux utilisées que les suints. On a bien essayé de les distiller pour en retirer l'azote qu'elles contiennent, sous forme d'ammoniaque ordinaire ou d'ammoniaques composées; mais on n'en recueillait jamais qu'une minime proportion. Devait-il toujours en être ainsi? M. Violette ne l'a pas cru, et ses recherches l'ont amené sur la voie de la solution qu'il a proposée au congrès.

Le mode de traitement qu'il décrit touche à des intérêts considérables. Selon ses calculs, l'industrie pourrait fournir une quantité de résidus qui permettrait de fabriquer annuellement 100 millions de kilogrammes de guano de suint et 200 millions de kilogrammes de guano de vinasse. A ce chiffre on pourrait réduire à très peu de chose les importations de guano, de sels de Stassfurth et d'engrais divers qui nous coûtent chaque année des sommes énormes.

M. Audoynaud, professeur de chimie à l'École d'Agriculture à Montpellier[1], a communiqué à la section d'agronomie le résultat de ses *études sur les gaz du sol* entreprises à la station dont il a la direction. Son premier soin a été de faire établir des cases de végétation, de 1m50 de profondeur sur 1m40 de côté, pour observer la culture de la vigne, mais il n'a pas voulu attendre que ses plants soient développés pour utiliser son installation. Dès cette année, il a commencé des recherches intéressantes sur les eaux et les gaz du sol.

L'eau s'écoule dans la terre avec une régularité qu'il aurait été difficile de prévoir; l'influence des pluies est beaucoup plus durable qu'on ne le croit généralement. L'eau entraîne toutefois avec elle des éléments dont la disparition ne peut manquer, avec le temps, d'appauvrir le sol, beaucoup de chlorures, une quantité appréciable de potasse, mais fort peu d'acide phosphorique.

L'air confiné dans le sol se distingue de l'air normal par sa grande richesse en azote. D'après MM. Boussingault et Lévy sa pauvreté en oxygène s'expliquerait par des phénomènes de combus-

1. Voyez plus haut page 393.

tion; M. Audoynaud y voit surtout une action de dialyse. Des expériences délicates confirment l'opinion qu'il défend.

En écoutant M. Audoynaud la section d'agronomie a pu constater que, si l'École d'Agriculture de Montpellier consacre son temps et ses ressources à l'étude des questions spéciales à la région, elle ne néglige cependant pas les recherches purement scientifiques.

M. LADUREAU a montré, à Montpellier, quelles étaient les préoccupations de l'Agriculture dans nos départements du Nord. Ses *études sur la culture du lin et de la betterave* ont été remarquées pour la méthode qui y a présidé[1]. M. Ladureau s'est déclaré, après expériences, partisan des fumures profondément enfouies pour les betteraves. Dans ses nombreux essais sur le lin il a su faire, à propos des rendements, une judicieuse distinction entre la quantité et la qualité des récoltes pour les comparer surtout par la valeur totale des produits créés par hectare. Les engrais azotés ne lui ont pas paru indispensables dans les terres fertiles; les arrières-fumures y suppléent, c'est, du reste ce que savent les cultivateurs. Le lin se trouve particulièrement bien des engrais potassiques et magnésiens; on ne saurait mieux faire que de les apporter au sol, au moment des semailles à la dose de 500 à 1000 kilogrammes par hectare.

La *brûlure du lin* est une maladie dont les ravages souvent considérables ont appelé l'attention de M. Ladureau. C'est une atrophie des racines que provoque l'invasion d'un redoutable insecte, le *Thrips line*. Des différents toxiques employés pour le combattre, la décoction de tabac est celui qui a donné les meilleurs résultats; mais, tout en constatant son efficacité, M. Ladureau fait remarquer qu'il n'a jamais observé le moindre phénomène de brûlure dans les champs qui ont été ensemencés tardivement, dans le mois de mai par exemple, pendant que les champs voisins ensemencés un mois plus tôt, étaient gravement compromis. Aussi conseille-t-il les semailles tardives comme un des meilleurs moyens d'échapper aux atteintes du *Thrip*.

L'essai de plantes nouvelles a tenté M. Ladureau. *L'acclimatation de la luzerne du Chili* (*medicago apiculata*) lui a semblé réunir des chances de succès. La graine qu'il a présentée au Congrès, nous arrive en très grande quantité avec les laines de prove-

1. Voyez Annales agronomiques, t. V, p. 222.

nance américaine. Ce n'est pour l'industrie, qu'un résidu dont la valeur ne dépasse pas 20 à 25 francs les 100 kilogrammes. La plante donne un fourrage très apprécié des animaux, elle pourrait servir comme engrais vert à enfouir au printemps. Sa croissance est rapide, sa composition chimique diffère peu de celle de la luzerne de Provence. Elle n'a d'autre inconvénient que de périr sous l'influence des gelées de l'hiver, mais son réensemencement n'est ni coûteux, ni difficile. Peut-être deviendrait-elle vivace sous le climat de Montpellier? Ce serait à essayer.

Si M. Ladureau s'occupe de toutes les questions qui intéressent sa région, il revient toujours au lin comme à une des plantes essentielles de la culture septentrionale. Et, en effet, après avoir été délaissé, le lin retrouve plus de faveur que jamais auprès des cultivateurs. C'est la seule récolte dont les produits puissent se comparer à ceux de la betterave; c'est sur elle que compte la culture intensive pour maintenir sa haute production. Déjà elle tient une large place dans les assolements des meilleures exploitations; elle a encore beaucoup de terrain à regagner avant d'avoir repris l'importance qu'elle mérite.

La dégénérescence rapide des graines de lin exige qu'on se réapprovisionne fréquemment en Russie. Dès la deuxième génération leur qualité diminue sensiblement, plus tard il faut y renoncer définitivement : on ne peut pas faire de bonne semence de lin en France, et jusqu'à présent on n'en connaissait pas la cause. De ses nombreuses analyses M. Ladureau est arrivé à montrer que les graines étrangères ont une composition à peu près constante et une richesse considérable en acide phosphorique et en magnésie. Dans les graines de lin russes, dites de Riga, on trouve généralement 40 pour 100 du poids des cendres en acide phosphorique; il n'y en a plus que 17 pour 100 dans les graines de troisième année récoltées en France qui ne peuvent plus servir qu'à la fabrication de l'huile. C'est à cet appauvrissement en acide phosphorique que l'auteur croit pouvoir attribuer la dégénerescence des graines de lin cultivées dans nos pays. Il lui semble que la richesse des terres de la Russie en éléments phosphatés est la principale cause de leur supériorité sur les nôtres.

S'il en est ainsi les engrais riches en phosphates doivent permettre d'arriver à maintenir les qualités des graines. Ce résultat paraît probable à M. Ladureau. Il a fait remarquer en terminant,

que la proportion de potasse contenue dans les cendres de graines de lin ne subissait que peu de variation et n'oscillait que de 6 à 12 pour 100.

M. ALFRED RENOUARD a immédiatement fait ressortir l'extrême importance de la communication de M. Ladureau. La fraude dont est l'objet la graine de lin est en effet un des plus grands obstacles qui s'opposent à l'extension de sa culture. S'il faut en croire la statistique, d'un million d'hectares en 1871, la superficie cultivée ne serait plus maintenant que 758 mille.

D'après M. Renouard les cultivateurs jugeraient de l'authenticié de l'importation directe des graines qui leur sont offertes par la présence constante, dans les barils, d'une semence dont la forme est celle d'un petit sac allongé d'où s'échappe une touffe de poils. On la considère, sous le nom de *brosse* ou *bouquet*, comme incapable de se reproduire parce qu'on ne la trouve pas dans les graines du pays. M. Renouard y a reconnu le *centaurea cyanus*. La révélation de ce fait n'a servi qu'à faciliter la fraude, des marchands peu scrupuleux n'ayant pas hésité à cultiver cette centaurée pour en mélanger les semences aux graines de lin sous tonnes.

En se reportant au tome II des *Annales agronomiques* on trouvera divers moyens signalés par l'orateur pour reconnaître la graine de lin dite de Riga, mais si l'on peut désormais, avec l'analyse chimique seule, déterminer sa provenance, M. Ladureau aura rendu un grand service à l'agriculture française.

M. H. DE LA BLANCHÈRE a traité, devant le Congrès, la grave question *du transport du cheval des pampas en France*. Les tentatives faites dans ce sens se sont longtemps heurtées contre le préjugé que l'état sauvage de ces animaux rendait leur acclimatation impossible. On a reconnu, avec le temps, qu'il n'en était rien et qu'on pouvait parvenir assez facilement à les plier à la volonté de l'homme. Après avoir en raison des idées préconçues qui s'étaient répandues à cet égard, on s'est trouvé aux prises avec les difficultés matérielles que présente l'opération du transport en elle-même. Elles n'ont pas été complètement évitées et M. H. de la Blanchère a indiqué les principales améliorations qu'il conviendrait d'adopter pour arriver à de bons résultats.

Il importe pour transporter dans de bonnes conditions, le cheval des pampas en France, de lui assurer pendant la traversée une

température convenable, un exercice suffisant et enfin, par dessus tout, une alimentation bien comprise.

On remédierait facilement, selon M. H. de la Blanchère, qui a toute autorité pour le dire, a prévenir l'élévation excessive de la température avec un système de ventilation bien entendu, et, au besoin, en ayant recours au froid artificiel produit à l'aide d'appareils analogues à ceux qui ont fonctionné sur le Frigorifique. Il suffirait d'ailleurs de ne pas dépasser 10 degrés centigrades.

L'immobitité, qui est douloureuse pour tous les êtres vivants, est plus pénible pour le cheval que pour tout autre; elle peut même être dangereuse. On ne peut l'éviter que par un exercice compatible avec les exigences du service à bord. Rien ne serait plus facile que d'organiser des manèges, en forme de roue, sur lesquels chaque bête passerait une heure par jour; la force déployée pendant ce temps pourrait être utilisée à préparer des aliments.

La nourriture du cheval est enfin le point essentiel à étudier pour arriver à réaliser de bonnes opérations. C'est celui dont M. H. de la Blanchère s'est plus spécialement occupé. Le régime animal, qui a été proposé et appliqué à plusieurs reprises, doit être définitivement abandonné; on ne saurait même plus y songer malgré les facilités qu'on a pour se procurer des viandes sèches dans les pampas. Le cheval n'est pas un carnivore, il n'est pas non plus un herbivore, au sens strict du mot; c'est un granivore et un frugivore. Il importe de ne pas l'oublier pour régler sa ration.

Il faut trouver, pour les animaux, des substances qui sous le plus faible volume, contiennent le plus de principes assimilables dans les meilleures proportions. On peut se guider dans la composition des rations, sur le régime des chevaux de la cavalerie légère. En l'analysant avec soin il est facile de s'assurer que ses éléments se rencontrent dans plusieurs matières qu'il est facile de réduire à un très petit volume. En définitive on pourrait, en attendant mieux, faire un mélange de tourteaux de pavot, de balles de froment comprimé et d'avoine qui présenterait toutes les garanties désirables. D'autres formules peuvent être données mais c'est dans cette voie indiquée par M. de la Blanchère qu'on doit chercher la solution du problème qu'on agite depuis longtemps.

L'observation des règles qu'indique l'orateur est pour lui une garantie précieuse de la réussite de l'importation du cheval des pampas.

M. Risler, directeur de l'institut national agronomique, a donné aux cultivateurs *un moyen pratique pour arriver à la destruction de la cuscute dans les luzernières.* Son procédé est d'une extrême simplicité; il consiste d'abord à prévenir la diffusion du parasite contre laquelle on ne se prémunit pas assez. L'orateur recommande de réserver scrupuleusement, au moment du fauchage, les parties cuscutées; on évite ainsi de disséminer les graines de cuscuste sur le champ dans les manipulations du fourrage. Il suffit ensuite de retourner, à la pelle, les surfaces envahies pour détruire le mal sans ruiner nécessairement la luzerne qui résiste très bien à un labour superficiel.

M. le Dr Bourdel, professeur agrégé à la faculté de médecine, chargé de conférences sur *l'hygiène rurale* à l'école d'agriculture, a pris à cœur la tâche qui lui a été attribuée dans l'enseignement agricole. Il n'a pas présenté au Congrès moins qu'un véritable traité spécialement rédigé en vue des cultivateurs. C'est une des productions dont on est redevable à la création de l'École de Montpellier. En examinant un sujet sous une face particulière il revêt un aspect nouveau et provoque des réflexions et des études spéciales; son étude élargit les connaissances générales.

M. le Dr Bourdel ne pouvait donner qu'un aperçu de son travail; il s'est contenté d'en lire les parties qui se rapportent aux constructions rurales. Il a entretenu la section de leur emplaçement, de leur orientation, de leur aération, de leur assainissement, etc. L'industrie agricole a des exigences particulières dont l'auteur a su tenir compte.

M. Podolinsky, s'inspirant des théories actuelles sur l'identité de la chaleur et du mouvement, a développé des vues originales sur *le travail humain et la conservation des forces.* La satisfaction des besoins considérés actuellement comme indispensables à l'homme exige, de sa part, un déploiement de forces décuple de celui dont il peut disposer. Cette disproportion entre les forces de l'homme et celles qu'il doit mettre en œuvre pour assurer son existence s'accroît même à mesure que la civilisation s'avance. Son industrie tend heureusement à augmenter ce que l'auteur appelle la quantité d'énergie accumulée sur la surface de la terre; c'est ainsi que les forces artificielles suppléent de plus en plus à l'insuffisance de celles de l'homme. La statistique en donne des preuves irrécusables; elle nous prouve que la production agricole s'accroît plus vite que la population dans tous les pays qui sont en voie de progrès.

II

La viticulture, et le phylloxera n'ont pas occupé moins de trois séances de la section d'agronomie. L'intensité de la crise que traverse actuellement l'agriculture méridionale et la gravité des problèmes qu'elle soulève ne justifient que trop le temps que leur examen a employé.

Les désastres causés par le phylloxera sont terribles ; il suffit de parcourir les pays dévastés, de voir quelques maigres récoltes de céréales remplacer les beaux vignobles qui faisaient la richesse de cette région pour ne conserver aucune illusion sur l'importance des pertes qu'elle a subies. Toutefois si l'énormité du mal n'est pas contestable, sa mesure est difficile et, à défaut de renseignements précis, on peut être tenté d'en exagérer la portée ou de l'atténuer. M. F. Convert n'a cru pouvoir mieux faire, pour fixer les idées sous ce rapport, que de montrer *les variations de prix provoquées par les progrès de la maladie des vignes.*

Les modifications des prix expliquent bien des choses; on commence à s'en occuper d'une manière sérieuse et peut-être l'économie politique arrivera-t-elle bientôt à connaître quelques-unes des lois auxquelles ils obéissent. Elle aura alors réalisé un grand progrès. Il suffirait, pour faire l'histoire de l'agriculture, de suivre le cours de ses principaux produits; c'est leur élévation continue qui justifie la transformation des méthodes culturales et la prédominance des opérations animales; c'est leur stagnation ou leur avilissement qui a déterminé d'autres changements inverses. Les prix dont les oscillations et les tendances exercent une action si considérable, dans le plus grand nombae des circonstances, sur les déterminations des producteurs reçoivent égalément l'impression de tous les troubles qui surviennent dans un centre d'activité quelconque. La ruine des vignobles ne pouvait manquer de se traduire par des mouvements plus ou moins accentués dans leur taux.

Si considérable que soit le fléau qui sévit particulièrement dans le Sud-est, ses dégats n'ont pas encore pris assez d'extension pour avoir amené la hausse des vins. Leur cours relativement élevé a été atteint à plusieurs reprises. On est autorisé à prévoir son augmentation mais, pour le moment, on ne peut faire encore, à ce sujet,

que des conjectures qui n'autorisent aucune déduction positive.

Il n'en est pas de même de la valeur de la propriété. Après avoir augmenté régulièrement d'année en année sans d'autres temps d'arrêt que la période de 1848 à 1850, elle a subi tout à coup une dépréciation rapide sous l'influence de l'invasion pylloxérique. Les vignes abandonnées ne sont plus que des appareils de production mis au rebut. On n'en fait autre chose que d'utiliser leurs vieux matériaux de même qu'on sauve la vieille fonte des machines sacrifiées. Du sol, les propriétaires font des champs à céréales; les souches servent au chauffage. Les ventes effectuées dans ces dernières années témoignent de la perte que supporte l'industrie agricole; on ne trouve des plantations détruites que la moitié et souvent le tiers de leur ancien prix.

Les ouvriers ont été aussi durement éprouvés que les capitalistes. La masse de leurs salaires n'avait cessé de s'élever comme leur quotité journalière depuis le commencement du siècle. On peut s'en assurer en consultant les registres généralement bien tenus des cultivateurs du pays. La révolution de 1848 avait seule exercé une faible dépression sur leur taux comme sur celui de la propriété. L'invasion phylloxérique a considérablement réduit et leur montant total et leur taux par jour. La vigne permettait de distribuer, dans les plaines de l'Hérault, 300 francs par hectare à la population ouvrière; les cultures qui la remplacent ne lui en laissent que 100. La journée de travail, moins assurée qu'autrefois, a diminué d'un quart et même d'un tiers.

Le fumier, privé de son principal débouché, se trouve maintenant délaissé. Les archives des hôpitaux de Montpellier conservent la trace des fluctuations de sa valeur. Les prises d'adjucation ont graduellement monté de 5 à 6 francs le mètre cube entre 1860 et 1876; ils sont brusquement retombés en 1877 à leur taux ancien. Le fumier des étables de vaches laitières de la ville se vendait, il y a trois ans encore, 0 fr., 10 par tête et par jour aux acheteurs qui se chargeaient en outre de la fourniture de la paille, on n'en trouve plus aujourd'hui qu'à 0 fr., 05.

Il n'est pas jusqu'aux produits les plus indépendants en apparence de la vigne qui n'aient subi le contre-coup de sa disparition. Les souches arrachées sont arrivées en telle quantité sur le marché qu'elles ont pesé sur le cours du bois de feu. Nîmes en a consommé, en 1876 et 1877, 40000 kilogrammes sur un poids total de

160 000 kilogrammes de bois de chauffage qu'elle emploie; c'est un quart. Tandis que les rondins à brûler diminuaient, les sarments dont on ne savait que faire, il y a quelques années, doublaient de prix.

La dépréciation générale des valeurs ne s'est pas arrêtée là. Tout s'en est ressenti à Montpellier. Les chambres et les pensions d'étudiants sont un peu moins chères. La pierre de construction a perdu 5 francs par mètre cube, etc., etc.

En résumé, la crise phylloxérique s'est manifestée par une diminution de moitié ou des deux tiers dans la valeur de la propriété; par une réduction des deux tiers dans le montant total des salaires et d'un quart dans leur quotité journalière, enfin par une dépréciation qui s'étend pour ainsi dire sur tout.

Il ne s'agit plus maintenant, à Montpellier ni dans les environs de sauver des vignobles menacés, ils ont été détruits en grande partie, et c'est de leur reconstitution qu'on s'occupe. M. PLANCHON a donné, dans cet ordre d'idées, *la description des principaux cépages américains* sur l'avenir desquels comptent beaucoup de viticulteurs comme sur une dernière ressource, mais une ressource certaine. Nul n'était plus apte que l'orateur à traiter un pareil sujet; ses études commencées en Amérique et poursuivies en France lui donnent une compétence indiscutable.

M. Planchon a commencé sa communication en citant rapidemen ceux des cépages américains qui sont encore trop peu connus ou qui ne présentent qu'un intérêt botanique. Le *Scuppernong* est un des plus curieux; ses caractères le font classer dans le genre vitis, mais il n'a rien de l'aspect de nos vignes et son immunité absolue contre le phylloxera n'a pour nous aucune utilité. Le *Mustang* (V. candicans), le *Post-Oak*, le *V. rupestris*, le *V. cinerea*, le *V. monticola* rendront peut-être quelques services, mais ce sont des espèces à étudier encore.

Les types classiques qui sont à la disposition des viticulteurs et dont la connaissance est très avancée peuvent être rangés dans trois groupes : les *Labrusca*, les *Riparia* et les *Æstivalis*.

C'est dans la série des Labrusca que se place l'*Isabelle*, connue depuis longtemps en France. On la reconnaît, comme les autres vignes du même groupe au tomentum qui couvre la face inférieure des feuilles et aussi à ses grains volumineux et foxés. Le *Catawba* et le *Concord* appartiennent à la même classe dont ils sont les

spécimens les plus intéressants. On ne saurait se porter garant de leur résistance, ce ne sont pas des cépages à recommander.

Les riparia sont d'une rusticité à toute épreuve; plusieurs semblent presque absolument réfractaires au phylloxera. Ils reprennent très facilement de bouture et reçoivent la greffe. Le *V. solonis* se distingue, entre tous, par ses qualités spéciales; on ne trouve jamais, sur ses racines, que de très rares nodosités sans altération profonde des tissus. Deux espèces voisines, le *Taylor* et le *Clinton*, ont été l'occasion d'un engouement et d'un dénigrement également exagérés; ce sont de bonnes vignes dans les terres qui leur conviennent. — Les riparia que M. Planchon tend à confondre avec les cordifolia ne sont pas à dédaigner, mais leur raisin est fortement foxé, et ce n'est que comme porte-greffe qu'on peut compter sur eux.

Le groupe de vignes américaines le plus important est celui des Æstivalis. Elles se distinguent à la discontinuité de leurs vrilles, à leurs jeunes feuilles qui s'étalent promptement, à leur premier bourgeon rouge carmin, à un duvet floconneux par touffes sur la face inférieure des feuilles. Leur raisin n'a pas de goût foxé, leur apparence est celle de nos vignes françaises; toutes sont résistantes. C'est parmi elles que se trouve l'Herbemont, le Cuningham et le Jacquez, ce dernier surtout qui est une véritable conquête pour notre viticulture. Son vin est remarquable par sa couleur et par sa force alcoolique.

A côté des trois grands groupes de vignes américaines de nombreux hybrides sont également connus. Leur résistance est très variable.

M. G. Foex, professeur à l'École d'agriculture de Montpellier, a fait de nombreuses recherches pour découvrir *la cause de la résistance des vignes américaines*.

Cette résistance ne saurait plus être mise en doute; elle est attestée par les faits. C'est elle qui explique comment les vignes d'Amérique ont pu survivre aux atteintes de l'insecte qui les attaque. Elle s'est affirmée également en France, d'une manière saisissante, chez M. Laliman, à Bordeaux et chez Madame Borty à Roquemaure. Le vignoble de M. Aguilhon, dans le Var, en fournit une preuve plus décisive encore. De sa plantation de 150 000 boutures entreprise en 1872 sur l'emplacement de vignes détruites par le phylloxera ne subsistent plus maintenant que quelques pieds

américains plantés par mégarde ; entre autres de superbes york-madeiras dans des terrains ingrats.

Selon quelques personnes la résistance des vignes américaines ne serait que la conséquence de leur vigueur exceptionnelle ; selon d'autres, elle tiendrait à la richesse extraordinaire de leurs racines en principes résineux. M. Foëx l'explique par la structure particulière de leurs tissus dont il a fait une étude complète et que des projections faites à l'école d'agriculture ont permis à chacun de suivre avec facilité. Les racines des vignes américaines se distinguent de celles de nos cépages du pays par la densité de leurs tissus et leur état plus avancé de lignification ; leurs rayons médullaires sont plus étroits, plus nombreux, formés de cellules plus petites, à ponctuations d'un diamètre beaucoup plus réduit. Les piqûres du phylloxera ne produisent qu'une hypertrophie locale qui n'intéresse pas le corps de la racine et dont les traces disparaissent rapidemment. La résistance des vignes américaines varie du reste en raison de leur structure, et toutes sont loin de présenter les mêmes caractères au même degré.

Les études théoriques de M. Foëx ne confirment pas seulement les observations pratiques des propriétaires, elles donnent une sécurité très grande sur l'avenir des cépages américains.

Les vignes américaines n'ont pas le privilège de réussir également dans tous les milieux. Ce serait un tort de conclure de l'échec de quelques essais à la négation de leurs propriétés. Dans l'intention de redresser les idées que tendaient à faire accréditer de réels insuccès, M. L. Vialla, président de la société centrale d'agriculture de l'Hérault, s'est demandé si ce n'était pas dans un *défaut d'adaptation des vignes aux terrains qui leur conviennent* qu'il fallait chercher la cause de leur dépérissement. Il en est maintenant persuadé à la suite d'une longue et minutieuse enquête dans le cours de laquelle il a visité avec soin presque toutes les plantations des environs de Montpellier. Le diluvium alpin leur convient partout ; jamais elles n'y souffrent de la chlorose et si toutes n'y ont pas la même vigueur, on n'a d'autres différences à relever entre elles que celles qui tiennent à la fertilité du terrain. Les cépages américains prospèrent surtout, d'après l'orateur, dans les terrains silico-ferrugineux. Les faits qu'il a observés s'accordent si bien entre eux qu'il n'hésite pas à conclure à l'importance extrême de la présence du fer et même à son apport, sous forme d'amende-

ments, par l'incorporation, dans les terrains à planter, des terres rouges des garrigues ou même des hématites. Les terres blanches sont funestes pour les vignes américaines; les cordifolias y souffrent malgré leur robusticité remarquable.

De tous les cépages américains les plus accommodants sont encore les æstivalis de haut mérite comme le Jacquez et le Cuningham; on en rencontre de très beaux spécimens dans toutes sortes de terrains. L'Herbemont se montre difficile et cependant il prospère d'une manière étonnante, dans certains milieux argileux, comme ceux de l'École d'agriculture. Le Taylor veut des terres profondes et fraîches, le Clinton est très délicat, etc., etc.

En exposant ses vues devant la section, M. Vialla ne pense pas avoir définitivement résolu le problème qu'il s'est posé, et recommande aux cultivateurs de ne pas entreprendre de grandes plantations avant d'avoir fait des essais préalables sur l'adaptation des variétés qu'ils choisissent.

M. C. Saint-Pierre, directeur de l'École d'agriculture de Montpellier, déclare que *l'étude des vins américains* est très avancée. Elle n'exigeait pas, comme celle de la vigne, un nombre d'années assez grand; on pouvait l'entreprendre immédiatement, il n'y a pas manqué. Ses premières analyses ont porté sur des vins d'origine américaine, c'étaient les seuls qu'il avait alors à sa disposition. Depuis, il a pu soumettre à l'observation 85 types préparés avec les récoltes de l'École et 150 autres qui lui ont été procurés par divers propriétaires. Il n'est plus douteux pour lui maintenant que certains cépages ne puissent être cultivés directement pour leurs produits. Le jacquez est certainement le plus remarquable. Son vin ne saurait être comparé à celui que donnent nos bons crus, on ne l'a jamais prétendu, mais son goût est franc; il est alcoolique et coloré; le commerce l'apprécie beaucoup. Quelques membres de la section ont trouvé, dans les dégustations de l'École, qu'il offrait une certaine âcreté; ce n'est, dans tous les cas, qu'un léger défaut pour un vin de coupage ou de consommation courante. A côté des vins d'æstivalis qu'on parviendra facilement à accepter chez nous, la plupart des autres conservent un goût « foxé », un goût de framboise ou de cassis, qui les rend franchement détestables. Sans le contester, M. Saint-Pierre croit cependant que leur procès a été fait trop vite. Ces vins, dont on peut prendre comme représentant celui de Clinton, s'améliorent avec le temps. La vendange hâtive, la séparation des

jus de la pulpe, le plâtrage, l'addition d'acide tartrique, le chauffage, sont autant de procédés qui contribuent à en amoindrir les défauts. Ce serait donc agir sans réflexion que de vouloir les proscrire avant de les avoir examinés avec plus de soin.

La qualité des vins des cépages du nouveau monde n'est, du reste, qu'une question accessoire si, comme l'a le premier proposé M. Gaston Bazille, sénateur de l'Hérault, l'habile propriétaire du beau domaine de Saint-Sauveur, on les considère avant tout comme des porte-greffes destinés à nourrir nos variétés éprouvées de vignes françaises. *La greffe de la vigne américaine* a été récemment étudiée, avec soin, dans un congrès tenu à Montpellier. Chacun y a apporté son concours et l'opération est devenue bien simple. On ne pouvait greffer autrefois les vignes avant l'âge de trois, quatre ou cinq ans; le procédé qu'a imaginé M. Champin, qui n'est qu'une modification de la greffe anglaise, peut être mis en œuvre dès l'année de la plantation. C'est celui que recommande exclusivement M. Bazille, après l'avoir expérimenté avec un succès qui a dépassé son attente. M. Bouschet de Bernard, dont le nom est bien connu des ampélographes par ses beaux travaux d'hybridations des vignes, a signalé d'autres modes de greffe qui ne lui ont pas moins bien réussi. Le greffage est donc d'une exécution facile et pratique. M. le Dr Courty a montré ensuite avec quelle rapidité pouvaient se faire des boutures herbacées de vigne.

M. H. Marès, correspondant de l'Institut, dont tous les moments ont été consacrés à l'étude de la viticulture méridionale, qu'il connaît sous toutes ses faces, est intervenu à son tour dans cette question capitale *du phylloxera, des insecticides et des vignes américaines*. Le propagateur du soufrage dans le Midi, s'est engagé avec autant d'ardeur, sinon avec autant de succès, dans la lutte entreprise contre le phylloxera que dans celle qu'il avait poursuivie contre l'oïdium. En quelque mots il a rappelé, devant la section, l'histoire de la viticulture, sa prospérité récente et le désastre qui l'accable. Les efforts réunis d'hommes dévoués au bien public n'ont pas été stériles. On en a obtenu de beaux résultats. La submersion a raison de l'insecte; les plantations dans le sable échappent à ses atteintes, ce sont des faits acquis. Les insecticides ont également rendu de précieux services, ils en rendront de plus grands encore. Le sulfure de carbone, dont la Cie P-L-M a pris le patronage sous l'intelligente initiative de M. P. Talabot et le sulfo-carbonate de potasse, qu'a

proposé l'illustre M. Dumas, constituent de précieuses ressources au début d'une invasion. Si partout ils n'ont pas donné les résultats qu'on en attendait, c'est que souvent ils ont été mal employés, souvent ils l'ont été trop tard. M. Marès en a fait usage chez lui; il a combattu avec succès jusqu'à la fin de 1877, ce n'est que la sécheresse de 1878 qui a amené la fin. S'il a encore quelques vignes, il le doit au sulfo-carbonate de potasse appliquéà l'aide des procédés de MM. Mouillefert et Hembert. Son traitement de cette année ne lui a pas coûté plus de 350 francs par hectare; c'est une dépense élevée qui n'est cependant pas inabordable. M. Marès proteste avec énergie contre l'abandon des insecticides. Il faut les étudier encore, ne serait-ce que pour sauver ce qui nous reste encore de nos vignobles français dont la valeur représente des milliards.

Les insecticides soutiendront même les plantations sur vignes américaines dont la résistance n'est souvent que relative. Leur persistance au milieu de nos vignes françaises anéanties témoigne de leur vitalité, mais leur jaunissement dans les terrains qui ne leur conviennent pas, appelle de sérieuses réflexions. M. Marès signale comme particulièrement recommandables celles qui ne *font pas de phylloxera*, sans s'arrêter aux critiques que lui a valu cette expression sur le sens de laquelle personne ne se trompera. L'York-Madeira en est une. Depuis 1858, l'orateur, qui doit cette variété à M. le comte Odart, la possède dans ses collections, et elle se conserve, dans toute sa vigueur, au milieu des espèces voisines très affaiblies. Elle se comporte de même à Las Sorres; c'est une de celles qui demeurent les plus belles chez M. Aguilhon, dans le Var. Ses racines semblent jouir d'une immunité complète; ce n'est qu'avec beaucoup de peine qu'on parvient à y découvrir un phylloxera. Le Riparia n'est pas moins remarquable. Sa robusticité dans tous les milieux et la facilité avec laquelle il reprend de bouture en font un cépage de prix. Le V. Solonis doit être encore assimilé aux deux espèces précédentes dont il partage les propriétés. A un autre point de vue, le Jacquez mérite aussi d'arrêter l'attention des viticulteurs; ses racines couvertes de phylloxeras ne semblent pas nuire sensiblement à son développement; il promet beaucoup aussi.

Enfin, selon l'orateur, les réformes économiques s'imposent, elles peuvent apporter de précieux secours aux propriétaires. Il conviendrait, selon lui, de dégrever pendant trois ans de la charge de l'impôt foncier les vignobles dévastés; on devrait accorder la même

faveur aux plantations nouvelles. On ne saurait trop faire en faveur des irrigations, etc. Ce n'est pas trop de tous les moyens pour sortir de la crise actuelle et, selon l'orateur, tout est encore à faire dans le sens économique.

M. MAISTRE, de Villeneuvette, a recommandé *l'irrigation des vignobles* dont il n'a qu'à se louer. L'eau a pour résultat, selon lui, de créer un milieu dans lequel le phylloxera ne se plaît pas et de l'éloigner. Plusieurs membres de la section ont été visiter sa propriété où il a obtenu de bons résultats par l'emploi combiné du sulfo-carbonate de potasse et de l'eau.

M. SYLVESTRE s'est déclaré devant la section d'agronomie, adversaire convaincu *des cépages américains* dont il redoute la propagation. C'est dans les écrits de leurs meilleurs défenseurs qu'il a puisé les arguments qu'il a exposés, malgré les protestations qu'a soulevées sa communication. Sans aller aussi loin, M. CAUVY n'a pu se faire à l'idée de voir remplacer nos vignes françaises par les cépages dont l'introduction a causé leur ruine. Il est acquis *aux insecticides*. Ses patientes études de laboratoire l'ont persuadé de leur efficacité à la condition d'un bon emploi et d'un choix raisonné; si plusieurs d'entre eux sont insuffisants, comme le sulfure de carbone et l'hydrogène sulfuré, c'est que, sous l'influence du sol, ils se décomposent rapidement en perdant leurs propriétés toxiques. Les sulfo-carbonates n'ont pas cet inconvénient. De l'avis de M. Cauvy, le sulfo-carbonate de calcium est le plus énergique, c'est celui qu'il a entrepris de propager et dont les premiers essais répondent à ce qu'il en attend. La nécessité de l'eau comme véhicule ne l'effraie pas; c'est une exigence devant laquelle ne s'arrêteront plus les propriétaires qui peuvent s'en procurer partout, à des prix assez faibles, en usant des installations de MM. Mouillefert et Hembert.

Le mode d'emploi des insecticides demande du soin. M. XAMBEU a préconisé, à Montpellier, un mélange de sulfure de carbone et d'eau de savon, qu'il est facile d'introduire au pal, comme il l'a fait avec succès, dans les Charentes.

Les *insecticides* ont valu enfin, à la section d'agronomie, un long mémoire de M. CABELLO E YBANEZ, directeur du laboratoire de chimie de Barcelone, qui, après avoir suivi toutes les publications françaises, en est arrivé à proposer un traitement compliqué. Son procédé consiste dans l'emploi d'un mélange fort complexe, comme insecticide souterrain, et dans la culture de certaines plantes, telles

que le datura stramonium, au milieu des ceps. L'auteur, dont la compétence en matière scientifique est indiscutable, a paru en être encore à la période des illusions, qui a duré si longtemps dans l'Hérault.

La *submersion* qui, de tous les remèdes proposés contre le phylloxera, est celui qui a donné les résultats les plus sérieux et les plus indiscutables, a eu enfin ses représentants, M. LE Dr U. COSTE en a attribué l'efficacité à l'action qu'elle exerce sur la structure des racines. Ses effets sont absolument opposés selon l'époque à laquelle on la pratique. Elle serait funeste en été; elle agit, en hiver, en modifiant, dans le sens d'une densité plus grande, le système radiculaire de la vigne. Les racines acquièrent, sous son influence prolongée, une consistance qui ne laisse plus de prise aux piqûres du phylloxera; elles se comportent comme celles des vignes américaines dont elles partagent les propriétés. L'immersion ne leur est cependant avantageuse que si elle est entreprise à temps. Au lieu de se reconstituer elles ne s'affaibliraient que plus vite si leur détérioration était déjà trop avancée. L'eau n'agit pas autrement, du reste, sur les racines de vigne, qu'elle n'agit sur le bois dont elle transforme l'aubier en déterminant sa lignification.

Les réinvasions estivales du phylloxera des vignobles submergés ont pu inspirer quelques défiances chez certains esprits, contre le mode de traitement auquel ils ont été soumis. M. G. FOËX a voulu en connaître l'origine. Ses investigations nombreuses et répétées lui permettent d'en signaler des causes multiples qui n'impliquent nullement l'insuffisance du procédé. Dans un assez grand nombre de cas, les réinvasions phylloxériques et l'extension des foyers d'infection ne sont que la conséquence naturelle qu'il eût été facile de prévoir, de l'interruption accidentelle de l'inondation ou de sa défectuosité. Les terrains perméables présentent, de leur côté, des difficultés spéciales; ce n'est qu'en maintenant à leur surface une couche épaisse de liquide qu'on parvient à chasser entièrement l'air qui est emprisonné à leur intérieur et qui sert de refuge aux parasites.

Si complète du reste que soit la submersion, elle n'est encore parvenue nulle part à détruire tous les phylloxeras. Il n'en survit que fort peu, mais on parvient toujours à en trouver avec de la patience. M. Foëx en a découvert trois, en mai, chez M. Faucon en y mettant toute la bonne volonté désirable; il en a vu aussi,

quelques jours après le retrait de l'eau, dans une petite plantation de l'école d'agriculture. Les quelques insectes qui échappent ainsi au traitement engendrent certainement de nouvelles colonies dont on ne peut nier l'importance. Ils ne suffiraient pas cependant pour expliquer, à eux seuls, l'apparition de véritables taches.

Une observation plus attentive montre que le danger vient souvent des voisins; c'est évidemment ce qui a eu lieu chez M. Faucon et chez M. Reich, après 60 jours de submersion chez ce dernier, pour des pièces de vignes enserrées par des plantations étrangères. Parfois même ce sont les propriétaires eux-mêmes qui préparent inconsciemment un refuge assuré aux insectes en négligeant de détruire les souches trop rapprochées des bourrelets qui se transforment alors, comme l'expérience le prouve, en véritables nids à phylloxeras.

Les réinvasions phylloxériques des vignobles traités par la submersion ne présentent donc rien d'extraordinaire. La conservation de quelques insectes vivants n'y entre que pour une part insignifiante quand l'opération est bien conduite. Les plantations rapprochées et négligées suffisent avec les souches épargnées pour montrer comment se forment les véritables réinvasions dont le conséquences sont quelquefois désastreuses.

La question phylloxérique a été loin d'être épuisée au congrès de Montpellier. Si l'on y a longuement parlé des vignes américaines, on n'a consacré que peu de temps aux inserticides et ce n'est qu'indirectement qu'on s'est entretenu de la submersion. Rien n'a été dit sur les plantations dans les sables dont les résultats sont parfaits. On ne doit guère s'en étonner. L'opinion n'a plus maintenant dans le Midi, qu'une très minime confiance dans les agents toxiques avec lesquels on a si souvent échoué au moment même où l'on croyait être arrivé à une solution définitive. La destruction des vignobles est, du reste, trop avancée, pour qu'on s'en préoccupe; il ne reste malheureusement plus rien à sauver dans l'arrondissement de Montpellier. L'inondation et l'utilisation des dunes des bords de la mer ne touchent qu'à des intérêts spéciaux dont on ne pouvait trop se préoccuper avec des séances si limitées. Les vignes américaines ont absorbé les moments dont on pouvait disposer; c'est l'indice de l'espoir que les cultivateurs de la région ont en elles. Les étrangers n'ont pu s'y méprendre.

En définitive les travaux de la section d'agronomie ont été très

suivis. Le nombre de communications qui y ont été présentées a été beaucoup plus élevé que dans les précédentes sessions. Les propriétaires et les savants de la région y ont pris une part particulièrement active. C'est avec raison que M. J.-A. Barral les a félicités, au moment de la séparation, de l'énergie et du zèle qu'ils montrent dans la défense de leurs intérêts. Il a été applaudi de tous quand il a exprimé la confiance que lui inspiraient leurs consciencieuses études. Leurs efforts persévérants sont de ceux qui, selon lui, peuvent seuls ramener la prospérité d'autrefois.

Les séances de la section d'agronomie n'ont pas été seules à retenir les membres de l'Association dévoués à l'examen des questions agricoles. Chaque jour de nouvelles études venaient les solliciter aux heures dont ils pouvaient disposer. MM. Schrader et Lichtenstein n'ont rien négligé pour donner, l'un, à la Faculté des Sciences, l'autre dans sa propriété, une connaissance approfondie du phylloxera à ceux d'entre eux qui ont le bonheur de ne pouvoir l'étudier chez eux. M. Marès a montré les champs d'expériences de la Commission départementale au mas de La Sorres en faisant ressortir les enseignements des essais que dirigent, avec un zèle dont on ne peut leur faire trop d'éloges, MM. les professeurs Durand et Jeannenot de l'École d'Agriculture. Les plantations de vignes américaines ont eu de nombreux visiteurs; on s'est pressé chez M. de Lunaret, à Rieucoulon, pour admirer ses superbes collections de végétaux et voir ses essais d'acclimatation. Les excursions générales ont eu, toutes deux aussi, leur partie agricole. A Aigues-Mortes on a pu parcourir le vignoble splendide qui prospère dans les sables du cordon littoral. Cette a montré les manipulations des vins qui font sa fortune. L'association entière enfin a consacré une demi-journée à la visite de l'École d'Agriculture et, si nous en croyons les membres qui nous ont fait part de leurs impressions, ce n'a pas été une partie du programme des moins intéressantes. Le souvenir de leur visite se conservera longtemps du reste dans la mémoire de ceux qui ont eu la bonne fortune de les recevoir et de les guider chez eux.

L'agriculture a eu encore à Montpellier les honneurs d'une des grandes conférences de l'Association française. M. J. A. Barral y a entretenu un public nombreux et attentif des irrigations et des richesses qu'elles créent partout où elles sont développées. Il a conduit ses auditeurs, de l'Italie à l'Espagne, en les arrêtant sur tous

les points où l'on utilise l'eau pour leur faire admirer les merveilles qu'on en obtient. On sentait, chez lui, l'homme dont l'opinion s'est formée en présence des faits qu'il invoquait, et sa parole persuasive n'a pas eu de peine à entraîner son auditoire. Le public a déploré avec lui l'infériorité dans laquelle se trouvent, sous le rapport des irrigations les départements méridionaux du Gard, de l'Hérault et de l'Aude. Les cultivateurs ont été heureux de trouver en M. Barral un partisan décidé d'un canal dérivé du Rhône. De chaleureux applaudissements ont prouvé la sympathie dont il était l'objet et l'accueil qui était fait à ses idées. Sa conférence ne se résume pas, on voudra la lire.

SUR LA CULTURE DU LIN EN ALGÉRIE

PAR

M. ALFRED RENOUARD fils.

On sait que la culture du lin n'existe en Algérie que depuis quelques années et qu'elle y fut importée par le gouvernement français. C'est à la suite des essais que l'État entreprit annuellement, à partir de 1850, essais qui eurent pour résultat de fournir une fibre de qualité moyenne qu'il fit filer à ses frais dans notre établissement de Lille, que quelques colons se décidèrent à semer de la graine de Riga.

Mais ce fut seulement en 1862 que la culture du lin perdit son caractère officiel pour devenir une culture privée. A cette époque, d'après les documents publiés par ordre du maréchal Pélissier, il y avait, en Algérie, 51 planteurs, lesquels avaient ensemencé 95 hectares en lin et en avaient retiré 231,876 kil. de tiges.

L'année suivante, le sénateur Barrot mit à la disposition d'un industriel de Lille, M. Aug. Scrive, un vaste terrain à Planchamp, dans le département de Constantine. Celui-ci monta une usine à vapeur avec 26 teilleuses et tout un matériel pour battre, égrener et rouir manufacturièrement. Néanmoins, ni en 1862, ni en 1863, on n'a exporté de lin d'Algérie en France.

Les premières importations datent de 1864, mais ne deviennent vraiment sensibles qu'en 1866, époque de l'installation, en Algérie, d'importants établissements de teillage aux environs d'Alger et de

Constantine. C'est aussi à cette époque qu'apparaît la graine dite de Sicile, qui doit bientôt faire concurrence à la graine de Riga.

Ainsi donc, tant que la culture du lin a été régie comme elle l'est en Europe, c'est-à-dire par des fermiers rouissant ou teillant eux-mêmes, ou par des rouisseurs et des teilleurs de profession achetant le lin aux cultivateurs pour le traiter à leur profit, elle n'a pu se maintenir que difficilement, mais dès le moment où de grands industriels ont installé dans la contrée des teillages mécaniques importants auxquels les colons ont pu apporter leurs tiges au fur et à mesure qu'ils les récoltaient, elle n'a cessé de prendre de l'extension.

Ces établissements de teillage ont été peu nombreux, mais ils ont exercé trop d'influence sur la culture du lin, en Algérie, pour que nous n'en disions pas quelques mots.

Dans le *département d'Alger*, tout d'abord, le principal établissement et le seul qui existe encore aujourd'hui, est celui qui a été créé en 1866 par la « Compagnie française des cotons et produits algériens » dont le siège était à Paris. Cette usine, située à *Bouffarick*, n'a jamais travaillé de cotons; elle a longtemps marché en payant les pailles de Riga 13 et 14 francs les 100 kilogrammes, puis finit par succomber. Ses ressources insuffisantes, les malversations d'un état-major ruineux, amenèrent, en 1875, la faillite et la vente de l'usine à la barre du tribunal de Blidah. Depuis cette époque, deux locataires reprirent l'usine; mais, complètement neufs pour tout ce qui touchait au lin, ils échouèrent bientôt. Un propriétaire de Paris, M. Bellanger, qui avait acheté, en 1873, le matériel et l'usine, en reprit, après ces événements, la direction pour son propre compte, et depuis quelques mois son établissement est momentanément en chômage; l'usine compte trente machines à teiller. Il s'était monté dans l'intervalle à *Aïn-Taya*, localité située à 20 kilomètres d'Alger, ainsi qu'à *Maison-Carrée*, deux petites usines de teillage; elles avaient succombé en 1873 et le matériel en avait été dispersé. Tout récemment, il vient de se former, sur les bords de la petite rivière l'Arrach, à dix minutes de son embouchure et à 8 kilomètres d'Alger, entre Hussein-Dey et Maison-Carrée, sous la raison sociale Hartog et Cie, un nouvel établissement établi dans le but d'étudier le rendement d'une broyeuse-teilleuse pour laquelle il a été pris dernièrement un brevet en France: cette usine expédie couramment une certaine quantité de lin teillé à l'étranger.

Dans le *département d'Oran*, il n'y a guère eu qu'une seule tentative : un moulin de teillage fut, en effet, fondé en 1869 dans les environs d'Oran, mais, dans le courant de l'été dernier, une partie importante du matériel de cette usine a été achetée à bas prix et transportée à l'usine de Bouffarick. Actuellement, ce qui reste chôme durant neuf mois de l'année.

C'est dans le *département de Constantine* qu'il s'est formé le plus d'usines à teiller. En 1866, il y en avait quatre : celle de M. Samson, à Constantine, de M. Lavie fils, à Guelma, de MM. Scrive et Barrot, à Plamchamp, près Philippeville, et celle qu'un banquier de Perpignan, M. P. Nicolas, avait fondée par spéculation dans l'arrondissement de Bone. L'établissement de M. Samson dura deux ans. Deux autres furent alors primés par la province, celui de M. Lavie, de 7,000 francs, celui de M. Barrot, de 10,000 francs, mais ces secours ne les empêchèrent pas de disparaître. L'établissement de M. P. Nicolas existe encore, mais dans les mêmes conditions que l'usine d'Oran : les lins sont rouis dans la Seybouse.

Actuellement, la culture du lin se fait un peu sur tous les points dans le département d'Alger, mais le lin de Riga est semé exclusivement sur les territoires de Dellys et de Médéah. Dans la province d'Oran, on cultive surtout le lin pour graine, aux environs de Mostaganem et dans la partie irrigable de la plaine du Sig, un peu aussi à Sidi-bel-Abès, Boulizane, Boutbélis et Aïn-Témouchent. Dans la province de Constantine, cette culture est limitée aux arrondissements de Philippeville et de Bone.

Le sol de l'Algérie convient mieux que tout autre à la culture du lin; le naturaliste Munby a relevé dix-sept variétés de cette plante croissant à l'état sauvage dans les différentes parties du pays [1]. La période d'ensemencement commence vers le 15 novembre et dure quelquefois jusqu'au 10 ou 15 janvier, selon que la saison pluvieuse se fait plus ou moins attendre; la récolte a lieu vers la fin d'avril ou le commencement du mois de mai. Le rendement est très variable; la culture moyenne atteint en général de 45 à 55 quintaux à l'hectare [2]; le développement de la tige varie de $0^m,70$ à $1^m,10$.

Il y a actuellement, en Algérie, deux genres de culture de lin, celle du lin pour filasse provenant de graine de Riga et celle de lin

1. *Catalogus plantarum in Algeria sponte nascentium*. Londres, 1866.

2. H. W. Standen, *Eléments de la culture et de l'industrie linière dans la plaine de la Mitidja*, Alger, 1879.

pour graine provenant des semences de Sicile. Cette graine est originaire de Lombardie; on récolte en effet, en Italie, deux variétés de graines, la première, dite de lin d'automne ou *ravaguo*, qui donne beaucoup de semence et une tige très courte, la seconde, dite de lin de mars ou *mazuolo* et qu'on appelle encore *linetto*, qui fournit une filasse plus fine et à la culture de laquelle les Italiens s'attachent maintenant de préférence. La graine algérienne, dite de Sicile, provient de la variété *ravaguo*.

On pourra se faire une idée, en examinant le tableau suivant relatif aux exportations de lins et de graines de lin d'Algérie, des périodes successives par lesquelles est passée la culture du lin pour graine et celle du lin pour filasse. L'Algérie, en effet, ne file pas le lin qu'elle cultive et toujours les graines sont destinées à l'exportation :

ANNÉES.	EXPORTATIONS DE LIN.		EXPORTATIONS DE GRAINES DE LIN.	
	Pour la France.	Pour l'étranger.	Pour la France.	Pour l'étranger.
	kil.	kil.	kil.	kil.
1862	»	»	»	»
1863	»	»	»	»
1864	6.881	»	192.066	»
1865	31.616	»	489.663	»
1866	239.611	»	772.799	282.676
1867	149.269	»	1.205.851	»
1868	142.416	»	1.552.172	21.868
1869	181.079	»	2.613.103	»
1870	400.850	»	3.476.307	480.000
1871	76.422	»	3.920.078	1.260.500
1872	75.799	»	3.333.495	39.255
1873	94.742	»	2.971.435	»
1874	158.667	»	5.147.742	323.423
1875	29.109	»	5.530.878	220.000
1876	72.888	600	1.004.281	30.371

En 1872, lors de la dernière enquête agricole en Algérie, le nombre d'hectares cultivés en lin, dans chacun des départements, était ainsi réparti :

Alger	1425 hectares.
Oran	1100 —
Constantine	683 —
Total	3208

Actuellement, le nombre d'hectares cultivés en lin a beaucoup

augmenté, la province d'Alger reste toujours au premier rang, mais celle de Constantine l'emporte sur la province d'Oran.

Il suffit, en effet, de sortir d'Alger pour trouver quelques champs de lin. Il faut, dès l'abord, suivre à l'est la route d'El-Arba et traverser plusieurs villages, qui ne sont pour ainsi dire que les faubourgs de la ville. Déjà, autour des fermes de Maison-Carrée, village de 2,000 habitants, à 13 kilomètres d'Alger, on voit quelques linières, et à partir de ce point, on en rencontre assez souvent sur la route. Aux environs de Sidi-Moussa et dans toutes les fermes d'El-Arba, à 30 kilomètres du chef-lieu, on cultive le lin; tous les mercredis, il y a à El-Arba marché aux graines de lin.

LIN DE RIGA							
NATIONALITÉS.	DÉSIGNATION.		UNITÉS.	1873.	1874.	1875.	1876.
Européens..	Superficie cultivée		Hectares	3.402	3.500	1.888	2.450
	Rendement.	paille...	Kilogs	549.920	260.349	130.400	341.700
		graine..	—	1.761.376	2.175.615	2.007.485	1.921.708
		filasse..	—	»	»	»	»
Indigènes..	Superficie cultivée		Hectares	65	79	76	87
	Rendement.	paille...	Kilogs	14.030	80	538	410
		graine..	—	62.650	48.400	44.500	77.109
		filasse..	—	2.280	200	100	148
LIN DE SICILE							
Européens.	Superficie cultivée		Hectares	5.754	4.761	3.692	2.854
	Rendement.	paille...	Kilogs	1.132.161	454.205	785.400	1.291.050
		graine..	—	4.740.830	1.819.102	1.297.205	1.570.007
		filasse..	—	1.000	600	10.800	14.825
Indigènes..	Superficie cultivée		Hectares	221	294	241	164
	Rendement.	paille...	Kilogs	2.515	460	39.000	104.400
		graine..	—	165.650	69.789	200.057	107.002
		filasse..	—	»	»	»	1.200

Les pailles destinées à faire de la filasse, c'est-à-dire celles qui proviennent de graines de Riga, sont arrachées et aussitôt après séchage, expédiées presque exclusivement à l'usine de Bouffarick, que nous avons nommée plus haut, située à 1 kilomètre 1/2 de la mer et traversée par la grande ligne d'Alger à Oran; celles destinées à la récolte de la graine, c'est-à-dire celles qui proviennent de la semence, dite de Sicile, sont fauchées, écrasées sous un rouleau de

pierre qui en détache les capsules et, enfin, brûlées; parfois aussi on les vend à bas prix pour les papeteries du continent, souvent encore on les fait passer sous le nez des bestiaux qui, dans les herbes dont elles sont chargées trouvent encore un peu de nourriture, et on s'en sert comme litière.

D'après les derniers documents officiels, on peut estimer que, dans ces dernières années, la culture du lin a été ainsi répartie : (Voir le tableau page 458).

On pourrait se demander pourquoi on sème plus de graine de Sicile que de graine de Riga. Il y a à ceci plusieurs raisons.

Tout d'abord, les frais de culture en sont beaucoup moins élevés.

Si nous nous en rapportons, en effet, à la statistique officielle de 1872, la culture du lin pour filasse exigerait par hectare :

	Alger.	Oran.	Constantine.
Labours et hersages	60 fr.	40 fr.	»
Semences et hersages	38	53	»
Entretien	»	15	»
Récolte	30	32	»
Repiquage au rouleau et nettoyage	30	33	»
Total	158 fr.	173 fr.	260 fr.

soit en moyenne 197 francs.

D'un autre côté, pour 9 ou 10 francs, un homme coupe à la faux, en deux jours et demi, un hectare de lin pour graine. Ce lin, il a suffi de le semer et il n'a demandé aucun entretien. Une fois abattu, on se contente de l'empiler, au moyen d'une fourche, sur des chariots desquels on le descend de la même façon et sans s'inquiéter s'il est mêlé ou non. Les frais d'extraction de la graine ne sont pas bien élevés, puisque on se contente simplement de passer un rouleau de pierre sur les tiges. En Algérie, où le crédit agricole fait pour ainsi dire défaut, cette raison pèse d'un grand poids.

Le lin en graine est aussi cultivé de préférence, parce que sa culture n'exige aucune connaissance spéciale. Pour le lin en filasse, au contraire, il faut des ouvriers très habiles, particulièrement pour l'arrachage. Mais ces ouvriers, où les rencontrer? Il y en a de trois sortes en Algérie, les Européens, les Arabes et les Kabyles. Or, lorsque les ouvriers européens (Espagnols, Français ou Belges) arrivent en Algérie, ils croient tout connaître, s'adjugent en tout la part du lion, se font louer très cher et changent de métier à tout instant; on les paie généralement 35 francs par mois et ils doivent

en outre être nourris. Les Arabes, de leur côté, ne travaillent que lorsqu'ils n'ont plus d'argent et veulent gagner leur journée en peu d'heures. Quant aux Kabyles, ils sont actifs et intelligents, mais comme ils retournent toujours dans leur pays au mois de septembre, lorsqu'ils ont amassé assez d'argent, sans jamais se fixer dans la plaine, on ne peut guère compter sur leur concours : on leur donne 2 francs 50 par jour, été comme hiver, et ils ne se nourrissent que de pain et d'eau.

Il faut le dire aussi, ceux que généralement on a envoyés en Algérie, soit pour entreprendre la culture du lin, soit pour diriger des essais de teillage, n'étaient pas faits pour la besogne qu'on leur confiait. Les uns étaient inexpérimentés, les autres se perdaient par la boisson, d'autres, enfin, tombaient malades et ne pouvaient s'habituer au climat. Ajoutons qu'il n'est pas dans notre caractère national de nous expatrier, et, qu'en thèse générale, il est difficile de rencontrer chez celui qui s'expatrie, surtout chez le Français, les vertus domestiques unies à la sagesse de l'administrateur.

Enfin, l'une des raisons principales qui militent en faveur de la culture du lin pour graine contre celle du lin pour filasse, c'est que cette dernière est d'un produit beaucoup plus sûr pour le travailleur indigène. D'une part, en effet, il retire du lin de Sicile, 14 à 16 hectolitres de graines par hectare, ce qui fait 310 à 350 francs, qui, défalqués de 80 francs de frais, chiffre admis en général, lui laissent encore un certain bénéfice. Il trouve facilement le placement de sa graine, soit sur le marché africain, soit à Marseille, et il en est payé comptant. D'autre part, après avoir dépensé beaucoup plus d'argent pour récolter les pailles, qui ne lui donnent que 8 à 10 hectolitres de graines, il en trouve difficilement preneur à 8 ou 10 centimes le kilogramme, et, dans tous les cas, ne reçoit que le quart ou la moitié du prix, sous condition de toucher la solde au bout de six à huit mois : c'est ce qui se pratique d'ailleurs en France. S'il veut expédier son lin pour son compte dans une ville du département du Nord, en choisissant la voie de mer qui est la moins onéreuse, il devra payer comme fret, d'Alger à Dunkerque, 4 centimes au kilogramme, qui, ajoutés à 4 autres centimes pour embarquement, presse des balles, cordes, liage et voiturage de gare à port, font 8 centimes à sa charge. En supposant que son lin, arrivé à Dunkerque, ne voyage plus à ses frais, et qu'il l'ait vendu 10 centimes, il aura pour bénéfice net 2 centimes au kilogramme. La

graine lui reste, il est vrai, mais il faut battre les capsules, les vanner, les embariller, et tout cela ne laisse pas que de lui occasionner de nouveaux frais. Certains colons savent si bien tout cela, que souvent ils abandonnent la terre sur laquelle ils doivent mettre du lin, à la condition qu'on leur rende la graine pure et nette sans frais pour eux.

Mais, nous demandera-t-on, le lin d'Algérie peut-il réellement être un bon lin, même dans ces conditions? A vrai dire nous pensons que, s'il était transporté en paille et roui en France, il pourrait remplacer certains des lins que nous recevons de plus en plus de l'étranger, mais on ne pourrait jamais le considérer comme un produit supérieur. On a pu voir parfois dans les vitrines des expositions universelles, ou encore à l'exposition permanente des produits algériens, à Paris, de beaux échantillons de lins d'Algérie, provenant de lins en paille dont la culture, le rouissage et le teillage, avaient été l'objet de soins spéciaux, mais ces produits ne formaient pas le type moyen de la récolte dans notre colonie.

En voici les raisons :

Tout d'abord, la croissance de ce lin est trop lente. Semé au 15 janvier, il n'est récolté qu'à la fin d'avril au plus tôt; il demande donc au total près de quatre à six mois de croissance, tandis que notre lin de France n'en demande que deux et demi à trois. On comprend que la tige finit par se durcir, que la filasse ne peut que se raidir dans ces conditions.

En outre, il ne faut pas se dissimuler que le rouissage du lin ne peut se faire, en Algérie, sans de grandes difficultés. Dans la majeure partie du pays, l'eau fait défaut. Les cours d'eau qui, en règle générale, peuvent à peine être comparés a nos plus modestes rivières, sont torrentueux en hiver et à peu près secs en été. Le lit d'un grand nombre d'entre eux offre une disposition très défavorable à l'écoulement régulier des eaux, au mélange rapide des portions altérées avec la masse en mouvement; et cela, en raison de leur sinuosité, et surtout à cause des cuvettes en chapelet où le liquide s'accumule et tournoie lentement avant d'être entraîné dans le talweg[1]. Or, en Algérie, où la rareté des eaux n'est pas un des moindres obstacles à la multiplication des centres européens dans la colonie, il serait imprudent de favoriser sur les territoires habités l'émission d'odeurs aussi nauséabondes que celles des routoirs.

1. Dr C. Roucher. *Du rouissage considéré au point de vue de l'hygiène publique et de son introduction en Algérie* (*Annales d'hygiène*, t. XXII, 1864, p. 278).

L'infection que répandraient les routoirs à eau courante ou à eau dormante serait insoutenable, alors que les cours d'eaux sont réduits à un très mince volume et qu'ils sont soumis à la puissance d'évaporation d'un soleil brûlant, d'une atmosphère ardente et d'un sol échauffé durant quatre mois, qui ne reçoit ni pluie, ni rosée. Dans le cas présent, alors que la chaleur serait capable de dessécher les routoirs dès que ceux-ci auraient cessé d'être en activité, l'opération du rouissage constituerait une cause permanente d'insalubrité, ainsi que nous l'avons expliqué dans une étude précédente [1].

Le mieux serait, ou bien d'attendre pour rouir l'arrivée du printemps, qui correspond à la saison des pluies, ou bien d'établir des bassins de rouissage, à l'embouchure des rivières qui se jettent directement à la mer, ou dans les villages assez riches en eaux d'irrigation pour entretenir celles des routoirs, si nombreux et si étendus qu'ils soient, dans un état de renouvellement permanent. Dans le premier cas, le principal obstacle viendrait du producteur algérien lui-même, qui manque généralement d'abri pour ses récoltes, qui ne se résoudrait pas volontiers à voir pendant plusieurs mois ses granges encombrées par les lins récoltés, et qui est presque toujours pressé de transformer ses produits en capitaux souvent engagés d'avance. Dans le second cas, le rouissage serait certainement réalisable, puisque l'eau serait entraînée ou renouvelée, et on se mettrait ainsi à l'abri des habitudes de paresse et d'incurie des indigènes qui n'auraient garde d'oublier chaque fois de curer leurs routoirs. Aussi, les lins qui nous viennent tout teillés d'Algérie sont généralement rouis dans ces conditions.

Il faut remarquer cependant qu'un certain nombre de ces eaux sont calcaires, ce qui ne peut que nuire à la qualité de la fibre. La comparaison suivante en fait foi [2] :

	Substances inorganiques contenues dans l'eau de la Lys	do la Somme	des étangs de la Somme.	*de Boufarick* (plaine de la Mitidja).
Air...............	0.026 lit.	0.025 lit.	0.029 lit.	0.018 lit.
Acide carbonique.	0.006	0.005	0.008	0.013
Sulfate de chaux.	0.016 gr.	0.020 gr.	0.026 gr.	0.038 gr.
Carbonate de chaux.........	0.070	0.090	0.090	1.042
Azotate et chlorure de magnésium.	0.005	0.015	0.005	0.005
Chlorure de sodium..........	»	0.010	»	»

1. *Annales agron.*, t.V, p. 175.
2. C. W. Standen, *Loc. cit.*

Ces situations diverses nous expliquent la variété d'opinions qu'on a généralement en France sur le lin d'Algérie. Les uns, qui auront vu des lins rouis dans des eaux saumâtres et mal teillés, les diront détestables; d'autres, auxquels le hasard aura permis de rencontrer des produits bien rouis et soigneusement teillés, les croiront excellents.

Mais ne pourrait-on pas, nous dira-t-on, encourager exclusivement la culture du lin de Sicile pour en récolter la graine et en teiller la paille; la fibre, à bon marché, ne trouverait-elle pas facilement son placement en Europe. Nous ne le pensons pas, ou du moins nous hésiterions beaucoup à nous fier à une industrie agricole qui ne reposerait que sur des bases aussi fragiles. Dans les premiers temps, on aurait la paille pour rien, puis on finirait par en demander de l'argent, et les frais d'arrachage, de rouissage, teillage, etc., nous sembleraient devoir absorber une partie des bénéfices.

Nous avons dit plus haut que la culture du lin pour graine augmentait de jour en jour; les raisons en sont faciles à saisir :

1° Le lin n'a pas à craindre la sécheresse, car sa végétation a lieu durant les mois pluvieux, et sa maturité s'effectue justement dans les mois où l'humidité, tout en persistant encore, est combattue par une élévation sensible de la température;

2° Il n'a pas à craindre le sirocco, car il est mûr avant que ce vent ne souffle.

3° Il n'est pas attaqué par les sauterelles, comme une foule d'autres plantes. Pendant l'invasion de 1866, ce fut la seule culture épargnée.

4° Les Arabes, qui ne sauraient qu'en faire, n'y touchent pas. On sait, en effet, que bien des cultures, telles que celles de la pomme de terre, des navets, etc., diminuent de jour en jour à cause des vols des indigènes;

5° Enfin, c'est une plante qui, bien que se semant et se récoltant dans les conditions ordinaires des céréales, devance d'un mois, par sa maturité, celle du blé, et permet ainsi au cultivateur, qui trouve un débouché facile de sa graine, de faire de l'argent avant la moisson.

Dans tous les cas, ne dût-on pas compter sur la filasse d'Algérie, on ne peut qu'encourager la culture du lin pour graine, ne serait-ce que pour nous procurer du dehors ou cette graine elle-même

ou le tourteau qui nous manquent. Aujourd'hui que les Anglais essaient d'acclimater le lin en Australie, tout simplement pour en retirer la graine, pourquoi n'essayerions-nous pas d'étendre de plus en plus cette culture dans notre colonie? Nous avons indiqué d'autre part[1] quels avantages la Grande-Bretagne avait retirés de l'acclimatation dans sa colonie des Indes du lin pour graines. Donnons, en Algérie, les encouragements à la culture du lin que les Anglais ont su donner aux Indes, et si nous ne pouvons, pour le moment, réussir dans l'un des côtés de cette culture, nous réussirons dans l'autre et nous augmenterons de beaucoup nos richesses coloniales.

TRAVAUX PUBLIÉS A L'ÉTRANGER

Les fonctions de la chlorophylle et la lumière.

PAR M. N. PRINGSHEIM[2].

Le point capital qui distingue ce nouveau travail de la multitude des recherches que nous possédons sur le même sujet, c'est l'emploi de la lumière intense. On sait combien il est difficile, quand on étudie l'influence des rayons colorés, d'obtenir des lumières assez intenses pour agir sur la végétation, quel que soit d'ailleurs le procédé auquel on s'adresse, spectre solaire ou verres et solutions colorées.

M. Pringsheim place les cellules ou les tissus végétaux ou animaux au foyer d'une lentille achromatique de 60 millimètres de diamètre. L'expérience a montré que ces différents objets ne souffrent nullement de la chaleur concentrée en ce point. Cette méthode permet d'étudier l'action de la lumière non seulement sur des tissus plus ou moins volumineux, mais aussi sur des cellules isolées et même sur une partie de cellule. Avec un peu d'habitude, on apprend à distinguer avec certitude les effets calorifiques des effets photochimiques.

M. Pringsheim dispose sous le microscope un tissu ou une cellule

1. *Annal. agron.*, t. II, p. 353.
2. Uber Lichtwirkung und Chlorophyll. — Function inder Pflanze. Monatsb. der. K. Akad. d. Wiss. Berlin 1879.

chargée de chlorophylle, par exemple une feuille de mousse, un prothalle de fougère, un *Chara*, une conferve, une section de feuille d'une plante quelconque, aquatique ou terrestre, et, à l'aide d'un héliostat et de sa lentille de 60 millimètres, il y projette l'image très petite du soleil. Au bout de trois à six minutes on reconnaît qu'il s'est produit des changements considérables dans la partie éclairée. D'abord la chlorophylle est entièrement détruite, la cellule présente le même aspect que si elle avait séjourné pendant plusieurs jours dans l'alcool.

La matière colorante verte disparaît, mais la substance du grain de chlorophylle est conservée avec sa forme et ses caractères primitifs. Le phénomène est tout à fait local; il ne se produit qu'au point frappé par la lumière, de sorte qu'on peut le réduire à une seule cellule, et même à un seul grain de chlorophylle ou à un seul tour du ruban spiral d'une spirogyre.

Lorsque la chlorophylle est détruite et qu'on continue de faire agir la lumière, on voit les autres parties de la cellule s'altérer à leur tour, la circulation du protoplasme s'arrête dans les *Nitella*, les *Chara*, dans la feuille du *Vallisneria*, les poils des filets du *Tradescantia*, les poils urticants de l'ortie; l'utricule primordiale se contracte en perdant son imperméabilité pour les matières colorantes, la cellule perd sa turgescence, bref elle présente tous les indices d'une destruction rapide et irréparable.

Tous ces changements ne sont pas le résultat d'une élévation de température, car ils se produisent également quand on interpose des solutions colorées, la lumière bleue froide agit même avec plus d'intensité que la lumière rouge très calorifique.

M. Pringsheim a étudié l'influence des différents gaz sur la destruction de la chlorophylle, et il a trouvé que *la lumière ne détruit pas la chlorophylle dans un milieu privé d'oxygène, et que la présence ou l'absence de l'acide carbonique est sans influence.* Il faut conclure de ceci que la destruction de la chlorophylle par la lumière est un phénomène de combustion indépendant de la décomposition de l'acide carbonique par la plante. Comme la cellule et le grain de chlorophylle n'ont pas le pouvoir de régénérer la matière verte détruite, M. Pringsheim pense que la décoloration n'est pas un acte normal et physiologique dans la vie de la plante, mais un accident nuisible et pathologique.

Il n'a pas été possible de découvrir les produits de la combustion

de la matière verte, ce qui s'expliquerait aisément si on voulait admettre avec l'auteur qu'ils sont gazeux.

La destruction du protoplasma qui se produit exactement dans les mêmes conditions que celle de la chlorophylle est, comme celle-ci, un phénomène de combustion; mais tant que la chlorophylle existe, elle protège le protoplasma contre l'influence de la lumière, en absorbant elle-même les rayons lumineux, notamment les rayons chimiques, et en devenant ainsi un régulateur de la respiration.

Les corpuscules dont on connaît l'existence à l'intérieur de la cellule, tels que l'amidon, la cellulose, la graisse, ne brûlent pas à la lumière et ne servent par conséquent pas directement à la respiration. Les changements qui s'opèrent dans le noyau de la cellule ne semblent être que le résultat secondaire d'autres altérations dans le protoplasma. Celui-ci au contraire est d'une sensibilité extrême, les granules qu'il renferme diminuent et disparaissent, l'utricule primordiale diminue également de masse et les corpuscules colorables en brun par l'iode, qu'elle renferme, disparaissent peu à peu. Il semble donc que ce soient ces petites granules dont la nature chimique est inconnue, qui fournissent la matière combustible dans la fonction de la respiration.

M. Pringsheim a découvert dans la substance même du grain de chlorophylle un nouveau corps très facile à mettre en évidence. Il suffit en effet de traiter un fragment du tissu vert d'une plante quelconque par l'acide chlorhydrique étendu, pendant quelques heures (de 12 à 24), pour apercevoir au microscope des gouttelettes extrêmement petites qui ne tardent pas à se réunir en gouttes plus fortes de consistance pâteuse dont la structure devient insensiblement cristalline, écailleuse; finalement ce corps, auquel M. Pringsheim donne le nom d'*hypochlorine* ou *d'hypochromyle*, prend la forme d'aiguilles obscurément cristallines, de couleur rouge-brun. L'auteur croit, d'après les différentes réactions microchimiques, que ce corps est primitivement une substance huileuse soluble dans l'alcool, l'éther, l'essence de térébenthine et la benzine, insoluble dans l'eau et dans les solutions salines, qui imbibe le substratum du grain de chlorophylle, et séparé de lui, se solidifie, peut-être par oxydation, en masses cristallines mal définies, de nature résineuse ou cireuse.

Ce corps ne fait défaut à aucune plante verte. Bien plus répandu dans les grains de chlorophylle que l'amidon et l'huile, il se ren-

contre aussi bien dans ceux qui ne renferment que de l'amidon ou de l'huile que dans ceux qui possèdent les deux à la fois. Il n'a pas été trouvé dans les plantes qui sont dépourvues de véritable chlorophylle, telles que les phycochromacées, les diatomées, les fucacées et les floridées.

En présence de tous ces caractères, en considérant qu'il se développe sous l'influence de la lumière, il n'est guère permis de douter que ce ne soit là le premier produit de l'assimilation d'où ressortent, par oxydation, l'amidon et l'huile. Plus que toutes les autres matières, y compris la chlorophylle elle-même, l'hypochlorine est oxydable sous l'influence de la lumière. Il est facile de voir que sa quantité est continuellement en voie d'augmentation ou de diminution, et que les graines d'amidon apparaissent dans le grain de chlorophylle à mesure que l'hypochlorine diminue.

Par cette découverte tombent toutes les théories chimiques qui avaient pour but d'établir la genèse des hydrates de carbone comme premier degré de l'assimilation à l'intérieur du grain de chlorophylle.

Comme l'enduit vert de ces grains éteint les rayons bleus, on conçoit pourquoi la courbe d'assimilation coïncide en apparence avec l'intensité lumineuse des rayons. Pour des plantes différentes, le maximum d'énergie assimilatrice correspond à des points différents au milieu des rayons de réfrangibilité moyenne et dépend du pouvoir extinctif de l'enduit chlorophyllien.

M. Pringsheim publiera bientôt un mémoire étendu sur cet intéressant sujet dans ses *Annales de botanique scientifique*.

Du rôle physiologique et de la répartition de l'asparagine dans le règne végétal.

PAR M. J. BORODINE[1]

Nous savons, par les recherches antérieures du même auteur[2], que la respiration des plantes est en rapport avec les quantités d'hydrates de carbone qui se trouvent dans les cellules constitutives de ces plantes. M. Borodine ne considère pourtant pas ces hydrates de

1. *Ueber die physiologische Rolle und die Verbreitung des Asparagins im Pflanzenreiche.* Extrait de *Biedermann's Centralblatt für Agriculturchemie*, Heft. V. Mai 1879. Voy. id. Botan, Zeitung, 36 Jahrg. 1878. N° 51 et 52.

2. Voy. *Ann. agron.* 4, 1878, p. 607. V. id. 1875, avril p. 47, 60 et 61.

carbone comme servant directement à la respiration, il pense plutôt que ce rôle est réservé aux substances albuminoïdes et que les hydrates de carbone ne servent qu'à la régénération du protoplasma grâce à l'asparagine. Cette théorie attendait cependant de nouvelles recherches pour pouvoir être généralisée ou du moins étendue à un grand nombre de plantes, car, d'après M. Pfeffer dont les recherches sur l'asparagine faisaient loi il y a quelques années, cette substance ne se trouverait que dans quelques plantes, et encore ne pourrait-on constater sa présence qu'à de certaines époques de la vie de ces plantes, pendant la germination par exemple. Or les recherches qui font l'objet de ce mémoire, démontrent que l'asparagine est en réalité beaucoup plus répandue dans le règne végétal qu'on ne l'avait cru jusqu'à présent, et qu'il convient de lui assigner une importance beaucoup plus considérable.

Une méthode très ingénieuse dont se sert M. Borodine pour reconnaître la présence de l'asparagine consiste à mettre le précipité obtenu par l'alcool, en présence d'une solution saturée d'asparagine. Avec quelques précautions, on voit toutes les substances autres que l'asparagine se dissoudre dans la solution saturée, tandis que l'excès d'asparagine reste naturellement insoluble.

Les expériences ont porté notamment sur les bourgeons de nos plantes ligneuses indigènes pendant leur développement. Comme le développement des bourgeons est, physiologiquement, analogue à la germination de la graine, on pouvait, *à priori*, croire à la présence de l'asparagine dans ces bourgeons. On en trouve en effet dans les jeunes pousses des *Tilia parvifolia*, *Syringa vulgaris*, *Sorbus aucuparia*, *Sambucus racemosa*, etc. Les rameaux coupés étaient cultivés dans l'eau et dans une chambre; il était d'ailleurs indifférent pour la formation de l'asparagine que les bourgeons prissent leur développement à la lumière ou dans l'obscurité. Un grand rameau de *Lonicera tartarica*, qui avait été cultivé pendant plusieurs semaines dans l'obscurité, ne contenait primitivement pas d'asparagine, et ce n'est qu'après un certain temps qu'elle put être trouvée dans les jeunes pousses étiolées. On peut, dans ce cas, expliquer l'absence de l'asparagine au début par la présence de grandes quantités de matières hydro-carbonées, grâce auxquelles l'asparagine ne cessait d'être utilisée à la régénération des matières albuminoïdes jusqu'à ce que, par suite de l'épuisement des hydrates de carbone, cette formation de matières albuminoïdes se fût trouvée arrêtée forcément.

Il était donc à présumer que l'asparagine peut manquer dans les bourgeons qui se développent librement sur les rameaux des arbres en plein air, parce que la présence des hydrates de carbone qui affluent vers les organes en voie de formation ne lui permet pas de rester inactive et de s'accumuler. Cette hypothèse ne se vérifia cependant que partiellement.

Les plantes ligneuses, en effet, examinées au point de vue de la présence de l'asparagine dans des conditions normales de végétation, se divisent en trois groupes : les premières sont celles qui, dans ces conditions, ne renferment pas trace d'asparagine ; telles sont les Conifères, le *Betula alba*, le *Sambucus racemosa*, etc. ; ensuite celles dont les bourgeons, en se développant librement, produisent une faible quantité d'asparagine, tel, entre autres, le *Quercus pedunculata ;* enfin des plantes ligneuses, comme l'*Ulmus effusa*, etc., qui contiennent, du moins à une certaine époque, de l'asparagine en grandes quantités. Il est un fait cependant, et il est d'une importance fondamentale, sur lequel il faut appeler l'attention : c'est que les plantes qui, normalement, ne produisent pas d'asparagine, forment, ou mieux accumulent de l'asparagine dès que la production locale ou la migration des hydrates de carbone sont suffisamment entravées.

Dans quelques-unes des plantes ligneuses qui servirent à ces expériences, l'asparagine, dans des conditions normales, apparaît dans les inflorescences ou dans les fruits comme si elle se portait vers les fleurs, c'est-à-dire vers l'ovaire et les graines.

Il y a des plantes, comme le *Sambucus*, qui ne forment pas d'asparagine pendant le développement des bourgeons, mais qui en accusent quand les inflorescences se développent ; d'autres se comportent inversement et enfin il en est qui, dans les conditions normales de végétation, ne contiennent jamais d'asparagine.

Dans toutes ces expériences, l'asparagine pouvait être considérée comme substance intermédiaire entre les matériaux de réserve emmagasinés dans la graine ou le bourgeon et les substances albuminoïdes contenues dans les cellules vivantes de la plante développée. Pendant la germination, la marche du phénomène est inverse, mais le rôle de l'asparagine reste le même.

Or, si le rôle de cette substance dans la vie de la plante était aussi restreint, supposé même qu'elle soit plus généralement répartie qu'on ne l'avait cru jusqu'à présent, on ne la trouverait

cependant qu'à certaines époques du développement de la plante. Cette conclusion, étant en désaccord avec les idées théoriques de M. Borodine, l'a engagé à faire des recherches plus approfondies, afin de savoir si l'asparagine ne peut pas être obtenue des matières albuminoïdes normales du plasma vivant à toutes les époques de la vie de la plante. Nous nous bornons à mentionner ici les résultats principaux auxquels ces recherches ont amené l'auteur. Il en résulte que l'asparagine (dans beaucoup de cas il se formait également de la tyrosine) se montre chaque fois que les conditions de la régénération sont défavorables, par suite de l'absence ou de l'épuisement des matières hydro-carbonées. Elle se forme dans ce cas même dans les organes de la plante qui, sans être remplis de matières albuminoïdes de réserve insolubles dans l'eau (telles que la fibrine, la légumine, etc.), que l'on trouve dans la plupart des graines, et, selon toutes probabilités, dans la plupart des bourgeons et des tubercules, ne contiennent que l'albumine ordinaire qui entre dans la constitution du protoplasma vivant. Dès qu'une partie vivante quelconque de la plante devient pauvre en matières non azotées, on voit l'asparagine apparaître comme produit de dissociation de l'albumine et s'accumuler de plus en plus avec les progrès du temps. Ce phénomène, en lui-même susceptible de différentes interprétations, peut s'expliquer en admettant que, par suite des phénomènes vitaux qui se passent dans la plante, l'albumine, et non pas les matières hydro-carbonées, est dissociée en donnant naissance à de l'asparagine; mais que cette asparagine ne tarde pas à être utilisée à la régénération de l'albumine dès qu'elle se trouve en présence de quantités suffisantes de matières hydro-carbonées de constitution déterminée.

C'est ainsi qu'on pourrait s'expliquer pourquoi l'asparagine ne s'accumule que quand il y a absence de matières non azotées.

Recherches chimiques sur les hydrates de carbone des tubercules du topinambour. (Helianthus tuberosus).

Par MM. E. Dieck et B. Tollens [1].

Les tubercules du topinambour présentent, en raison des matières qu'ils renferment, un double intérêt. Au point de vue chi-

1. *Biedermann's Central Blatt fuer Agricultur-chemie.* Heft. VI. April 1879.

mique, ces matières ont donné lieu à de nombreuses discussions, et leur constitution, ainsi que les rapports qui les unissent, ne nous sont pas encore complètement connus.

L'agriculteur retire de cette plante de grands avantages pour la nutrition du bétail, et l'industriel utilise les tubercules pour la fabrication de l'alcool.

Des nombreuses recherches, qui ont été faites jusqu'à ce jour par beaucoup d'observateurs, il résulte que les organes souterrains des plantes appartenant à la grande famille des composées ou synanthérées, contiennent presque tous de l'inuline. L'inuline est un hydrate de carbone voisin de l'amidon; en absorbant une plus ou moins grande quantité d'eau, elle peut être transformée d'abord en un corps dont la constitution se rapproche de celle de la dextrine et de la gomme, ensuite elle se transforme en sucre. L'inuline se trouve en quantités variables dans les différentes composées, cependant on a pu constater qu'elle est le plus abondante dans les différentes espèces du *Dahlia*, dans l'*Inula Helenium*, le *Cichorium Intybus*, le *Taraxacum officinale*, etc.

Il existe à côté de l'inuline, dans les tubercules du topinambour, une autre matière amorphe, voisine de la gomme, et à laquelle on avait donné les noms de lévuline et de synanthrose.

Cependant il restait à savoir si ce dernier corps était, ou non, identique avec celui auquel l'inuline peut donner naissance par hydratation.

Les analyses de MM. Dieck et Tollens prouvent que la lévuline possède la même formule que la dextrine, l'amidon et la gomme, c'est-à-dire $C_6 H_{10} O_5$ ($C_{12} H_{10} O_{10}$ d'après l'ancienne théorie). Elle possède, en outre, les mêmes propriétés que ces corps et, entre autres, cette propriété caractéristique de la dextrine, de se transformer en sucre si on la chauffe avec de l'eau en présence d'un acide faible. C'est sur cette propriété que sont basés les essais d'utilisation du topinambour à la fabrication de l'alcool. La formation du sucre est la plus abondante quand on fait bouillir pendant six heures 2 grammes de lévuline sèche dans 50^{cc} d'eau acidulée avec 8 gouttes d'acide sulfurique, la hauteur barométrique étant de $0^m,76$.

Il est à remarquer que le corps qui a pris naissance par l'hydratation de l'inuline, et que l'on nomme souvent aussi lévuline, se transforme en un sucre dont le pouvoir rotatoire dépasse de beaucoup celui du sucre que l'on obtient directement des tubercules du

topinambour et qui proviendrait de la lévuline proprement dite.

Cette différence entre les pouvoirs rotatoires des deux substances qui portent le même nom de lévuline, autorise à penser que l'une d'elles provient d'une transformation de l'inuline et que l'autre coexiste avec l'inuline dans les tubercules du topinambour. Ces deux matières pourraient bien ne pas être identiques.

Il serait fort possible qu'il y eût plusieurs espèces d'inulines pouvant donner naissance à autant d'espèces de lévulines; ce qui expliquerait ce phénomène déjà longtemps observé que des inulines, retirées de différentes plantes, ont donné des sucres qui possèdent des pouvoirs rotatoires inégalement forts.

L'inuline et le sucre de canne peuvent se transformer en un acide, l'acide lévulinique, qui est identique à celui que l'on obtient de la lévuline.

En présence de la levûre, l'inuline n'entre que difficilement en fermentation, tandis que la lévulose est presque aussi fermentescible que la glycose. La lévuline entre facilement en fermentation et donne alors en peu de temps d'assez grandes quantités d'acide carbonique. Ces quantités sont cependant inférieures à celles que donne, pour un même temps, le même poids de sucre de canne ou de glycose.

Le maximum d'acide carbonique fourni par la lévuline est de 29,92 p. 100, tandis que la glycose en donne, dans les mêmes conditions, jusqu'à 49,58 p. 100, et le sucre de canne 49,27 p. 100.

On peut en conclure que la lévuline, ainsi que le sucre de canne ou la dextrine, est transformée préalablement en glycose avant d'entrer en fermentation; opinion que Popp a déjà soutenue antérieurement.

Les tubercules de topinambour, retirés d'un sol gelé à différentes reprises, ne contenaient presque jamais de l'inuline.

Avec l'inuline et la lévuline, on trouve dans les tubercules du topinambour un sucre non cristallisable qui fait fortement dévier la lumière à droite. Cette matière, que l'on obtient ordinairement sons forme d'un sirop épais, constitue probablement un mélange dans lequel il entre encore de la lévuline.

De toutes ces recherches, on peut donc conclure qu'il existe dans le topinambour trois substances dont la composition est celle des hydrates de carbone. Ces substances sont : l'inuline, la lévuline et le sucre. Les limites entre lesquelles varient les quantités de ces

matières, dans 100 de jus exprimé des tubercules, sont les suivantes : pour l'inuline, de 0,00 à 1,40 p. 100, la lévuline, de 7,53 à 12,64, et pour le sucre, de 2,09 à 6,38.

En rapprochant ces trois substances : inuline, lévuline et sucre, qui forment un groupe, de ces trois autres corps : amidon, dextrine et glycose, on voit qu'il existe entre eux une grande analogie reposant principalement sur les propriétés voisines des membres respectifs des deux séries. L'amidon étant toujours insoluble, différant en cela de l'inuline qui ne se trouve jamais à l'état solide, on serait amené plutôt à opposer à l'inuline l'amylo-dextrine, cette substance qui est intermédiaire entre l'amidon et la dextrine, et que M. Naegeli a pu avoir en chauffant légèrement l'amidon en présence d'un acide. Le premier corps de la série de l'inuline correspondant à l'amidon ne serait donc pas représenté et l'on pourrait écrire ainsi les deux séries, en mettant les membres correspondants en regard l'un de l'autre :

Amidon.	— Amylo-dextrine.	— Dextrine.	— Glycose.
—	— Inuline.	— Lévuline.	— Sucre.

Les expériences qui ont été faites en vue de l'emploi industriel du topinambour pour la fabrication de l'alcool, ont donné d'assez bons résultats. Quand on ajoute à la pulpe des tubercules de l'acide sulfurique faible (1 p. 100), et que l'on neutralise ensuite la liqueur au moyen de la chaux, la fermentation alcoolique est beaucoup plus active. L'acide transforme, dans ce cas, l'inuline en matière fermentescible et la transformation de la lévuline en sucre est activée.

Les résidus de la fermentation sont de l'acide succinique, de la glycérine et de la mannite.

Effets électro-moteurs observés sur les organes d'une plante intacte.

PAR M. A. KUNKEL[1].

Ceux qui, jusque dans les derniers temps, ont considéré les phénomènes électro-moteurs qu'on observe dans les plantes comme étant la manifestation d'une propriété vitale de la plante, ont exécuté leurs

[1] Arbeiten des botan. Inst. in Würzburg. H. Bd. 11. 1. — V Rés. dans. Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik von Dr E. Wollny. I Bd. H. 5. 1878.

expériences sur des organes préalablement entaillés, afin d'y appliquer les appareils dont ils se servaient pour déterminer les courants. On croyait, en effet, que l'épiderme intact opposait une résistance trop grande pour qu'il fût possible de constater l'existence de courants réguliers sur des points différents de la surface de la plante.

En se servant d'un électromètre capillaire de *Lippmann*, M. Kunkel est parvenu à saisir sur différents points de la surface des courants déterminés.

1° *Effets électro-moteurs d'organes intacts et en repos.*

Les effets obtenus en touchant avec les électrodes différents points de la surface, sont assez réguliers pour qu'on puisse déterminer par l'électromètre les différences de tension qui existent entre ces points. Les nervures de la feuille sont positives par rapport au parenchyme vert adjacent.

La forte nervure médiane est dans ces conditions faiblement positive par rapport aux nervures latérales plus minces.

Les effets que donne la surface inférieure de la feuille sont les mêmes que l'on observe pour la face supérieure. Mais si, en appliquant une des électrodes sur un point du parenchyme de la feuille, on attend jusqu'à ce que ce point soit devenu humide, on remarque qu'au moment où la seconde électrode arrive en contact avec la nervure, l'électrode du parenchyme est positive par rapport à l'électrode de la nervure. La même chose arrive quand, après avoir placé une goutte d'eau à un endroit quelconque de la surface du parenchyme vert, on met l'une des électrodes en communication avec cette goutte d'eau et l'autre avec un point de la nervure non mouillé. Le point de la surface le plus humide est positif par rapport à un autre point qui est moins humide.

Ce qui arrive pour le parenchyme vert et pour la nervure, arrive également pour deux points de la nervure ou deux points séparés du parenchyme. Cet état de choses n'est cependant que passager, car bientôt après, la nervure redevient positive.

Des expériences spéciales ont démontré que ces effets ne sauraient être mis sur le compte de certaines différences chimiques entre les différents points de la surface foliaire.

2° *Effets électro-moteurs produits par la lésion ou la flexion passive d'un organe de la plante.*

Les expériences furent faites sur des jeunes tiges.

Celles de ces expériences qui avaient pour but de constater une

différence de tension électrique entre des parties de la tige plus ou moins élevées, ont donné un résultat négatif.

Quand on met deux points superposés de la jeune tige en communication avec les électrodes de l'électromètre, on remarque qu'au moment où on produit une lésion à une certaine distance et en dehors des électrodes, celle des électrodes qui est le plus éloignée de l'endroit entaillé, est devenue plus fortement positive. Le « *courant additionnel négatif* » est d'autant plus prompt à se manifester et devient d'autant plus intense que la distance qui sépare l'électrode du point entaillé est moins grande.

L'intensité du courant négatif arrive à son maximum en un temps bien plus court si l'entaille a été brusque que si elle a été progressive. Arrivé à son maximum d'intensité, le courant négatif retombe lentement mais ne redescend plus au niveau de son intensité initiale.

Le point dans le voisinage duquel l'entaille a été faite, reste plus longtemps négatif qu'auparavant.

On peut observer les mêmes phénomènes quand on fléchit la tige par un mouvement brusque : le courant additionnel négatif est plus intense quand la flexion est brusque, tandis que l'électromètre reste presque en repos si elle est lente. Il se produit également un courant très fort quand on laisse la jeune tige se redresser subitement. Ce courant ne se produit pas quand la tige se redresse peu à peu.

3° *Effets électro-moteurs sur des organes irritables.*

Certains effets électro-moteurs peuvent être observés sur la feuille du *Mimosa pudica* (sensitive). Les électrodes appliquées sur le sommet du coussinet foliaire et sur un des piquants qui se trouvent dans le voisinage de l'insertion de la feuille, accusent un courant généralement très fort dirigé dans un sens déterminé.

Au moment d'une irritation, suivie d'un mouvement contractile, on observe une oscillation du courant dans deux directions alternantes. Quand la feuille a repris sa position première, le mercure de l'électromètre tend à occuper le niveau qu'il marquait lorsque la feuille était en repos. Le piquant est ordinairement positif par rapport à la périphérie supérieure du coussinet foliaire.

4° *Considérations générales* :

En partant des phénomènes d'imbibition dont les corps organisés sont le siége et en se basant sur ses propres recherches, M. Kunkel est arrivé à conclure que ce sont les courants d'eau dans la plante

qui donnent lieu aux courants électro-moteurs dont on peut constater la présence sur différents points de la surface d'une feuille en repos. On remarque, en effet, que les points où s'appliquent les électrodes sont toujours plus humides que les points adjacents. Les nervures de la feuille deviennent humides autour de l'électrode bien plus vite que le parenchyme vert. Quand on touche la surface de la feuille à l'aide d'électrodes humides, il se produit des courants d'eau différents parce que les conditions du mouvement sont différentes. Les phénomènes qui se produisent quand on humecte un point de la surface de la feuille diffèrent, parce que les molécules de l'eau déposée à la surface entrent dans la feuille avec une vitesse inégale, rencontrent dans leur chemin des obstacles plus ou moins grands ou bien parce que leur mouvement se fait dans des directions différentes. Nous pouvons admettre que les inégalités de tension, différente aux extrémités d'un circuit, tendent partiellement à se mettre en équilibre sous la forme d'un courant électrique. On admettait jusqu'ici qu'il existait des différences de tension électrique dès le début.

Il n'y a pas de différences dans la tension électrique mais il y en a dans la forme et l'arrangement des molécules et ce sont ces dernières différences qui, lorsqu'on applique des électrodes humides, déterminent des changements dans la production de certains mouvements qui s'équilibrent partiellement par voie de courants électriques. Quand, après avoir humecté l'électrode, on l'applique sur la surface foliaire, on la voit devenir positive parce qu'il se produit un courant d'eau allant de l'extérieur à l'intérieur de la feuille tandis que cette électrode appliquée sur la feuille sans avoir été préalablement plongée dans l'eau devient négative parce que le courant d'eau suit une direction inverse.

L'entaille, la flexion, les mouvements d'un organe déterminent des déplacements d'eau.

Les mouvements des feuilles de la sensitive sont accompagnés de la production de courants d'eau.

Conclusion. — Les effets électro-moteurs que l'on observe sur les plantes sont provoqués par des courants d'eau qui peuvent ou bien être produits par l'application d'électrodes humides, ou bien être déterminés par les mouvements actifs ou passifs de la plante.

Sur l'essai du beurre de vache

PAR MM. FLEISHMANN ET VIETH [1].

Le beurre se distingue de toutes les matières grasses animales ou végétales par sa teneur en acides gras inférieurs, butyrique, caproïque, caprique, laurique, acides plus ou moins solubles dans l'eau bouillante, tandis que les acides palmitique, stéarique et oléique peuvent être considérés comme insolubles dans ce dissolvant. Hehner a mis à profit cette composition particulière de beurre pour l'analyse de ce comestible, et il a imaginé une méthode qui est décrite en détail dans l'*Agenda du chimiste* pour 1879, p. 232. Elle consiste essentiellement à saponifier 3 à 4 grammes de beurre par une lessive alcoolique de potasse, à mettre les acides gras en liberté, à les épuiser par l'eau bouillante (750 à 1 000cc), et à peser la partie insoluble.

La composition des différents échantillons de beurre de vache, n'étant pas tout à fait constante, il restait à déterminer par un nombre suffisant d'analyses, les limites extrêmes de la teneur en acides gras insolubles dans l'eau bouillante. Hehner avait fixé ces limites entre 86,5 et 88 p. 100; Bell, entre 85,5 et 89,8 p. 100; Kretzschmar, entre 89,2 et 89,6 p. 100. (Voir t. XXX, p. 321.)

1° MM. W. Fleischmann et P. Vieth, viennent de soumettre le procédé de Hehner à un examen attentif, et ils fixent les limites entre 85,79 et 89,73 p. 100 (résultat de 185 dosages).

Ils ont observé que les acides gras provenant de divers échantillons de beurre ne se laissent pas débarrasser avec une égale facilité de leurs parties solubles. Il faut employer des quantités d'eau variables jusqu'à ce que le liquide qui filtre soit à peu près neutre; la quantité de 1 litre indiquée par Hehner ne suffit pas, dans la plupart des cas. Pour apprécier la réaction du liquide, le papier de tournesol, même le plus sensible, est insuffisant; il faut employer la teinture.

Enfin, la dessiccation des acides gras ne doit pas être poussée trop loin, surtout lorsqu'il s'agit de l'analyse de beurres falsifiés, contenant une forte proportion d'acide oléique; cet acide s'oxydant rapi-

1. *Zeitschrift für analytische Chemie*, t. XVII, p. 287.

dement à 100°, on trouve un poids trop élevé. On pourrait, du reste, faire la dessiccation dans un courant de gaz carbonique.

D'après les déterminations des auteurs, les graisses de bœuf, de mouton, de porc, l'huile d'olive, etc., contiennent de 95,7 à 96 p. 100 d'acides gras insolubles dans l'eau.

Les écarts considérables de composition que présentent certains beurres ôtent au procédé de Hehner la précision qu'il semblait présenter ; néanmoins, il pourra encore fournir des indications précieuses.

2° W. Heintz[1] a proposé de déterminer, par un titrage alcalimétrique, la proportion des acides gras solubles dans l'eau, mais il n'a pas fait un nombre suffisant d'essais, pour que l'on puisse en juger la valeur. Chemin faisant, M. Heintz fait remarquer que les beurres qui fournissent des acides difficiles à épuiser par l'eau, sont riches en acide laurique, acide très peu soluble dans l'eau.

3° E. Reichert sépare par la vapeur d'eau, les acides volatils du beurre, et détermine la proportion d'alcali qu'ils neutralisent.

Sur un nouveau procédé d'analyse du lait

PAR M. J. LEHMANN [2].

D'après les expériences de l'auteur, la caséine n'existe pas à l'état de dissolution dans le lait ; lorsqu'on laisse séjourner sur des plaques de terre poreuse du lait étendu de son poids d'eau, la caséine et le beurre restent sur la plaque, tandis que le sérum lactique, tenant en dissolution l'albumine, la lactose, une partie des sels minéraux, etc., sont absorbés par elle, si bien qu'au bout de une à deux heures, on peut détacher avec une spatule appropriée la caséine et le beurre pour les peser, après dessiccation à 105° pendant deux heures. La séparation des deux matières s'effectue ensuite facilement par l'éther. La caséine retient une assez forte proportion de matières minérales dont il faut tenir compte, comme on devrait du reste le faire également dans les autres méthodes d'analyse du lait. La caséine précipitée par l'acide acétique retient 1,8 p. 100 de cendres.

1 *Zeitschrift für analytische Chemie*, t. XVII, p, 160.

2. *Berichte der Königlich bayrischen Académie der Wissenschaften zu München*, 1877, en extrait dans *Zeitschrift für analytische Chemie*, t. XVII, p. 383.

La porosité de la plaque ne doit pas être trop grande.

Pour les détails de l'exécution, nous renvoyons au mémoire. Les résultats sont très satisfaisants ; pour la caséine, on trouve une proportion un peu plus forte que par la précipitation au moyen de l'acide acétique.

Analyses de sucres de sorgho et de maïs.

ÉCHANTILLONS REMIS PAR M. W. M. MURTRIE. E. M. PH. D.

Directeur de la section d'Agriculture et agent et représentant du département de l'Agriculture des États-Unis pour l'Exposition universelle de 1878.

PAR M. H. PELLET.

Dans une note insérée dans ce volume page 308, nous avons résumé les indications contenues dans le rapport du commissaire de l'agriculture sur l'état de l'industrie sucrière dans l'Amérique septentrionale.

Nous avons rappelé les difficultés qu'a rencontrées jusqu'à présent la culture de la betterave aux États-Unis et au Canada ; nous avons insisté sur la diminution qu'a subie la culture de la canne à sucre en Louisiane depuis la guerre de la sécession et la nécessité où se sont trouvés les Américains de chercher dans de nouvelles plantes le sucre nécessaire à leur consommation qu'ils importent aujourd'hui de l'étranger.

M. H. Pellet a reçu des échantillons du sucre provenant du maïs et du sorgho, il les a soumis à l'analyse et il a bien voulu nous communiquer les résultats obtenus; il nous a paru intéressant de les publier :

Nous n'avons pu nous procurer aucun renseignement au sujet du procédé employé pour retirer le sucre des jus de maïs et de sorgho.

Nous ne pouvons donc aujourd'hui faire connaître que l'analyse des sucres obtenus.

Eau	1.72
Sucre	93.05
Glucose	0.41
Cendres 2/10	0.68
Matières organiques	4.14
	100.00

La solution de ce sucre est légèrement acide et ne renferme que des traces de chaux. Ce liquide sucré ne filtre pas clair. Nous avons pensé à rechercher la dextrine. En effet, un volume de sirop clair de sucre de sorgho additionné de 3 à 4 volumes d'alcool concentré laisse déposer un précipité floconneux blanc ayant tous les caractères de la dextrine.

2° Le sucre de maïs [1] a donné :

Eau	2.50
Cendres	1.46
Sucre	88.42
Glucose	4.04
Matières organiques	3.58
	100.00

Nous n'avons pas reconnu la présence de la dextrine dans le sucre.

1. Cultivé en Pensylvanie

Le Gérant, G. MASSON.

PARIS — IMPRIMERIE ÉMILE MARTINET, RUE MIGNON, 2.

EXPÉRIENCES DIVERSES

FAITES EN 1879 A LA STATION AGRICOLE DU PAS-DE-CALAIS

SUR LA CULTURE DE LA BETTERAVE

PAR

A. PAGNOUL

Directeur de la station agricole du Pas-de-Calais.

I. — Composition de la betterave aux diverses époques de la végétation.

L'année dernière, trois parcelles du champ d'expériences de la station avaient été consacrées à l'étude de la betterave dans le cours de la végétation ; mais les recherches ayant porté tout à la fois sur les racines et sur les feuilles, les analyses n'avaient pu être suffisamment rapprochées. Nous avons repris ces essais en 1879 en opérant sur une seule parcelle et en ne nous occupant que de la composition des racines. Les analyses ont pu être ainsi effectuées exactement de dix jours en dix jours, ce qui a rendu les relations plus faciles à saisir et nous a permis de représenter graphiquement les résultats.

Le tableau de la page 484 donne d'abord la somme des degrés de chaleur, c'est-à-dire la somme des températures moyennes observées à Arras, dans l'intervalle des dix jours qui précèdent chaque essai, puis l'évaluation de la lumière, obtenue de la manière suivante : chaque jour on note une douzaine de fois l'état du ciel, en désignant par 0 un ciel sans nuages et par 10 un ciel sombre et complètement couvert; les compléments de ces nombres sont considérés comme représentant l'intensité de la lumière, et c'est leur somme, pour les dix jours écoulés, qui se trouve inscrite en tête de chaque colonne. Les autres parties du tableau et de sa représentation graphique ne nécessitent aucune explication.

La terre qui a servi aux expériences a reçu, en rapportant le poids à l'hectare :

Fumier	20,000 kil.
Déchets de laine	700
Tourteaux	1,000
Guano	300

On voit que la fumure était très forte, mais que les nitrates ont été complètement exclus; la parcelle, depuis dix ans, n'a d'ailleurs reçu aucune trace de ce sel.

On a semé le 5 avril; la levée a été tardive et peu uniforme; cependant les plantes ont pu être placées assez régulièrement, au nombre de 6 par mètre carré. Nos expériences ayant été faites l'année dernière sur une betterave riche, nous avons choisi cette année une betterave rosée, à peau lisse et un peu bouteuse, c'est-à-dire une variété pauvre appartenant à la race ordinaire du pays, et nous l'avons laissée à une distance plus grande que celle qu'il convient d'adopter, afin d'obtenir un grossissement plus rapide.

Voici les résultats sur lesquels nous croyons devoir appeler particulièrement l'attention.

1° Le poids absolu des feuilles va en croissant jusqu'à la fin de juillet et il décroît d'une manière presque continue à partir de cette époque. Le même poids rapporté à 100 de racines décroît en progression rapide depuis le commencement de la végétation jusqu'à la fin: il est huit fois plus fort que le poids de la racine, un peu après la levée; il lui devient égal vers le 10 août, et se trouve environ huit fois plus faible, à la fin d'octobre.

2° La richesse saccharine va en croissant d'une manière assez continue jusqu'au 10 septembre; au delà la courbe qui la représente n'éprouve plus que quelques oscillations et elle offre alors un parallélisme assez remarquable avec la courbe des feuilles. Or, il est assez vraisemblable que l'élévation sensible de cette dernière courbe, le 10 octobre par exemple, ne provenait pas d'un développement de feuilles nouvelles, car les dix jours qui précèdent offrent un abaissement des courbes de la chaleur, de la lumière et de la pluie, c'est-à-dire des conditions défavorables à une nouvelle activité de la vie végétale; elle doit être due simplement à l'impossibilité de choisir comme échantillons des plantes qui représentent exactement la moyenne du champ et à cette circonstance que les sujets choisis se seront trouvés un peu plus chargés de feuilles.

Ainsi depuis le 10 ou le 20 septembre l'abaissement rapide de la température semble avoir arrêté le travail de la végétation; la racine ne grossit plus, la richesse en sucre ne subit plus que des variations qui paraissent ne tenir qu'au choix accidentel des plantes soumises à l'analyse, et ces variations concordent d'une manière frappante avec celles que présente le poids des feuilles. Cette observation

paraît donc conforme à l'opinion qui attribue aux feuilles un rôle important dans la production du sucre.

3° Du 1er août au 10 septembre le poids des feuilles va en diminuant, et cependant la production du sucre reste très active, car la betterave s'enrichit malgré son rapide développement; mais deux circonstances sont à noter ici : cette période est plus sèche, comme l'indique la courbe des pluies; il doit donc y avoir un ralentissement dans le développement de nouvelles feuilles centrales; or, on sait qu'il s'accomplit dans ces feuilles naissantes un phénomène de respiration animale qui probablement s'alimente avec le sucre de la racine. En second lieu, la lumière est plus abondante, circonstance favorable au travail qu'accomplissent les feuilles du contour, c'est-à-dire à la décomposition de l'acide carbonique de l'air et à la formation des principes hydrocarbonés. La production devient donc plus active, tandis que la consommation se ralentit. Dans cette période, en effet, l'élaboration du sucre, rapportée à l'hectare, est environ de 3 000 kilos, c'est-à-dire près des trois cinquièmes de la production totale.

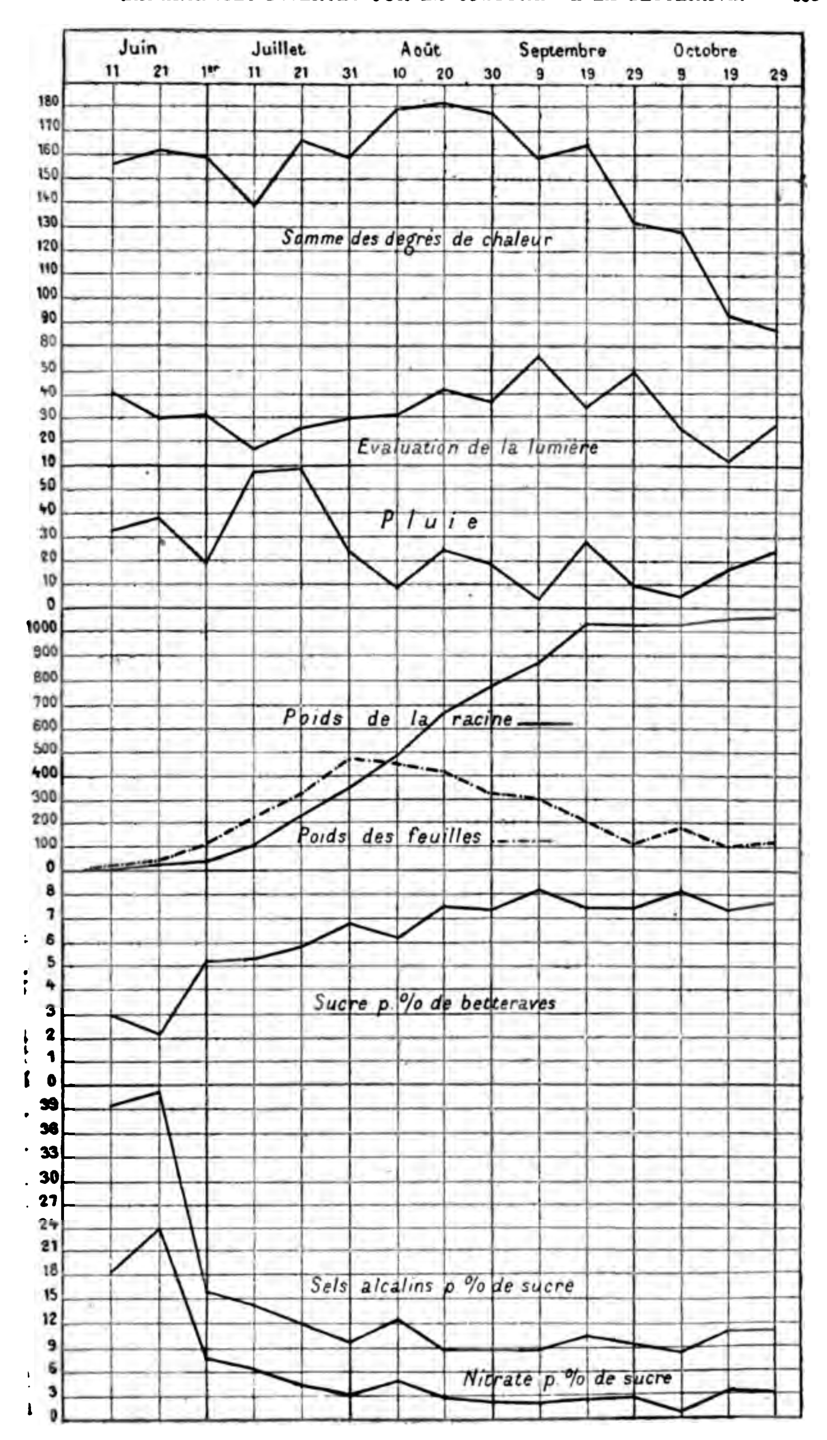
Nous remarquerons encore que du 10 août à la fin de septembre les deux courbes du sucre et de la lumière présentent un certain parallélisme, elles s'élèvent et s'abaissent ensemble; le maximum de lumière a été obtenu dans la première dizaine de septembre, et c'est précisément le 10 septembre que l'on a trouvé le maximum de sucre pour 100 de betteraves.

4° Les courbes qui représentent les proportions de sels alcalins et de nitrates pour 100 de sucre, sont presque exactement parallèles entre elles et symétriques avec celle du sucre. Depuis 1870 nous avons toujours constaté cette symétrie; plus il y a de sucre dans la betterave, moins il se trouve de carbonates alcalins dans les cendres. On ne peut donc admettre qu'il existe un rapport constant entre le sucre et les cendres alcalines de la betterave, puisque l'un augmente lorsque les autres diminuent. Mais il n'en est peut-être pas de même pour l'acide phosphorique, qui, en s'emparant de l'alcali des nitrates, peut diminuer le poids de ces sels dans la plante et le poids des carbonates alcalins dans les cendres, tout en favorisant la production des principes azotés, destinés sans doute à jouer un rôle dans la formation du sucre.

M. Pellet admet en effet que la proportion d'acide phosphorique croît avec celle du sucre et que ces deux corps doivent même rester

COMPOSITION DE LA BETTERAVE AUX DIFFÉRENTES ÉPOQUES DE LA VÉGÉTATION.

	JUIN		JUILLET				AOUT			SEPTEMBRE			OCTOBRE		
	11	21	1er	11	21	31	10	20	30	9	19	29	9	19	29
Somme des degrés de chaleur......	156	162	159	138	165	158	179	182	177	159	165	131	129	95	87
Évaluation de la lumière..........	41	30	31	16	26	28	31	43	36	56	34	49	25	12	26
Pluie en millimètres	33.4	37.0	18.1	56.2	59.1	25.5	8.0	23.5	18.2	3.5	27.0	10.0	5.2	17.7	22.9
Poids de la racine.	1	7	31	105	220	346	486	666	778	878	1040	1048	1048	1056	1050
Poids des feuilles..	8	41	110	222	333	462	452	433	335	312	200	126	194	98	128
Poids des feuilles p. 100 de racines...	800	586	355	211	151	134	93	65	43	35	19	12	18	9	12
Rendement en supposant 6 racines au mètre.......	60	420	1860	6300	13200	20760	29160	39960	46680	52680	62400	62880	62880	63360	63000
Densité du jus....	2.9	2.8	3.3	3.5	3.2	3.9	4.0	4.2	4.1	4.4	4.3	4.1	4.4	4.1	4.5
Sucre pour 100 de betteraves......	3.03	2.13	5.18	5.38	5.88	6.85	6.33	7.69	7.57	8.20	7.46	7.46	8.06	7.46	7.94
Carbonates alcalins p. 100 de betterave	1.049	0.794	0.724	0.690	0.621	0.621	0.704	0.621	0.607	0.628	0.718	0.659	0.607	0.724	0.787
Chlorures alcalins p. 100 de betteraves.	0.156	0.104	0.089	0.088	0.074	0.074	0.082	0.067	0.067	0.067	0.074	0.074	0.082	0.082	0.089
Total de ces sels..	1.205	0.898	0.813	0.778	0.695	0.695	0.786	0.688	0.674	0.695	0.792	0.733	0.689	0.806	0.876
Nitrate pour 100 de betteraves......	0.568	0.513	0.411	0.365	0.277	0.234	0.270	0.164	0.148	0.164	0.178	0.170	0.147	0.231	0.231
Sels alcalins p. 100 de sucre.......	39.76	42.16	15.70	14.46	11.82	10.14	12.41	8.95	8.77	8.48	10.62	9.82	8.55	10.80	11.03
Nitrate pour 100 de sucre..........	18.74	24.08	7.93	6.78	4.71	3.41	4.26	2.13	1.95	2.00	2.38	2.28	1.82	3.10	2.91
Sucre à l'hectare avec le rendement supposé........	2	9	96	339	776	1422	1848	3073	3534	4320	4655	4691	5068	4727	5002
Sucre produit dans les 10 jours....	2	7	87	243	437	646	426	1225	461	786	335	36	377	— 341	275
Sels à l'hectare...	0.7	3.8	15.1	49	92	144	228	275	315	366	494	461	433	511	552
Nitrate à l'hectare.	0.3	2.1	7.6	23	36	49	70	66	60	86	111	107	92	146	145


Juin
Juillet
Août
Septembre
Octobre
11 21 1er 11 21 31 10 20 30 9 19 29 9 19 29
Somme des degrés de chaleur
Evaluation de la lumière
Pluie
Poids de la racine
Poids des feuilles
Sucre p. % de betteraves
Sels alcalins p. % de sucre
Nitrate p. % de sucre

dans un rapport à peu près constant[1]. Nous avons déjà obtenu plusieurs résultats qui semblent confirmer cette loi; pour la vérifier de nouveau, nous avons déterminé l'acide phosphorique dans un lot de betterave mammouth donnant très peu de sucre et dans un lot provenant d'une graine améliorée de M. Simon-Legrand. Voici le résultat des analyses :

MATIÈRES DOSÉES	BETTERAVE mammouth.	BETTERAVE riche.
	gr.	gr.
Poids	2450	250
Densité du jus	3.2	6.5
Sucre p. 100 de betterave	5.21	12.50
Carbonates alcalins	0.683	0.338
Chlorures alcalins	0.156	0.030
Total de ces sels	0.839	0.368
Total de ces sels p. 100 de sucre	16.10	2.93
Nitrate p. 100 de betteraves	0.462	0.018
Nitrate p. 100 de sucre	8.86	0.14
Acide phosphorique p. 100 de betterave	0.054	0.102
Acide phosphorique p. 100 de sucre	1.03	0.82

On voit donc, en prenant ces résultats en nombres ronds, que la seconde betterave, contenant deux fois plus de sucre que la première, renferme aussi deux fois plus d'acide phosphorique et au contraire deux fois moins de cendres alcalines.

5° Remarquons enfin que les racines renfermaient d'assez fortes proportions de nitrates, quoique la terre dans laquelle elles se sont formées n'en ait reçu aucune trace ni cette année, ni les années précédentes. Ce sel provenait donc de la nitrification des matières organiques azotées, et il est utile d'insister sur ce fait. On ne peut enlever en effet de l'esprit de certaines personnes cette idée que si la betterave contient des nitrates, c'est qu'on en a mis dans le sol, et cette erreur a souvent entraîné des contestations fâcheuses entre les fabricants et les cultivateurs.

1. Voy. *Ann. agron.*, tome V, page 35.

Si la betterave n'a à sa disposition que des nitrates tout form s mis dans le sol avant les semailles dans une mesure convenable, ces sels sont rapidement absorbés; ils donnent lieu en se décomposant à un large et prompt développement des feuilles et, par suite, à une plus facile élaboration du sucre, et on n'en retrouve que des quantités de plus en plus faibles à mesure que la végétation s'avance. C'est ce que nous avons constaté l'année dernière.

Si, au contraire, l'azote est fourni par la nitrification qui se prolonge pendant toute la saison, l'absorption des nitrates s'opère d'une manière continue, et leur poids à l'hectare peut augmenter jusqu'à la fin d'octobre, comme cela résulte des analyses ci-jointes.

II. — Influence de la lumière.

L'influence du défaut de lumière sur le développement et la richesse de la betterave a déjà été signalée par M. Corenwinder, à l'occasion d'un travail relatif aux feuilles et publié dans le quatrième volume des Annales. Nous avons voulu reprendre ces essais dans des conditions un peu différentes.

L'expérience a été faite avec la betterave rosée ordinaire sur une parcelle qui avait reçu une forte fumure de guano, 1 200 k. à l'hectare, sans aucun autre engrais. On a semé le 5 avril et le 9 juin; après une levée difficile et irrégulière, quatre plantes présentant le même développement et le même aspect ont été choisies pour les essais. Les deux premières ont été recouvertes de cloches en verre maintenues soulevées à un décimètre du sol, afin de ne pas empêcher la circulation de l'air; les deux autres ont été recouvertes de la même manière, mais avec des cloches noircies intérieurement avec du noir de fumée. Quelques arrosages ont été faits sous ces cloches, afin que les conditions fussent les mêmes partout. Les deux premières plantes ont continué à se développer comme celles qui se trouvaient sans abri, tandis que sous les cloches noircies l'accroissement se trouva presque arrêté. L'obscurité cependant n'était pas complète sous ces cloches, puisqu'elles se trouvaient à une certaine distance du sol et que d'ailleurs la lumière pouvait encore se tamiser un peu à travers la couche de noir. Les feuilles conservèrent en effet leur coloration verte, tout en restant petites et peu nombreuses. Sous les cloches en verre transparent elles prirent au contraire un

tel développement, que l'expérience dut être arrêtée le 18 août. Les betteraves sous cloches furent arrachées, ainsi que quelques-unes de celles qui se trouvaient à l'air libre dans la même parcelle, et l'analyse donna les résultats suivants :

	A L'AIR libre.		SOUS CLOCHE transparente.	SOUS CLOCHE noircie.
Poids de la racine	950	765	850	35
Poids des feuilles	470	518	880	140
Poids des feuilles p. 100 de racines	49	68	103	400
Sucre p. 100 de betteraves	7.25	6.67	4.76	3.09
Carbonates alcalins p. 100 de betteraves	0.607	0.655	0.787	1.270
Chlorures alcalins p. 100 de betteraves	0.075	0.089	0.123	0.149
Total de ces sels	0.682	0.744	0.910	1.419
Nitrate p. 100 de betteraves		0.213		1.040
Sels alcalins p. 100 de sucre	9.41	11.15	19.12	41.10
Nitrate p. 100 de sucre		3.18		33.65

On voit que même pour les plantes non recouvertes la richesse saccharine est très faible ; nous avions en effet choisi pour ces expériences une espèce très pauvre, devant prendre beaucoup de volume et qui nous semblait devoir donner des différences plus accentuées.

Voici maintenant les observations qui nous paraissent pouvoir se déduire des chiffres qui précèdent :

1° Pour le poids de la racine : les cloches transparentes n'ont eu aucune influence sensible ; les deux lots de betteraves venues à l'air libre et arrachées à quelques jours de distance, ont donné un poids moyen de 857 grammes, et ce poids était sous les cloches de 850 grammes. Sous les cloches noircies il a été de 35 grammes, c'est-à-dire 24 fois plus faible. Or, la lumière, sous ces cloches, devait être encore à peu près celle d'un temps couvert et orageux fort sombre. Si donc on ramène ce résultat à l'hectare, en supposant une distance de 50 centimètres sur 25, correspondant à 80 000 pieds, on

trouve qu'avec cette variété de betteraves le rendement eût été, le 18 août, dans les conditions ordinaires, de 68 mille kilos, et de moins de 3 mille sous un ciel constamment obscur.

2° Pour les feuilles le poids moyen a été à l'air libre de 494, sous la cloche transparente de 880 et dans l'obscurité de 140. Les poids des feuilles rapportés à 100 de racines ont été dans ces trois circonstances de 58, 103, 400.

La cloche transparente a donc accru le développement relatif des feuilles et dans l'obscurité leur poids devient quatre fois plus fort que celui des racines. Ainsi, comme on peut le voir en consultant le tableau donné dans la première partie de ce travail, les betteraves sous cloches noircies se trouvaient, le 18 août, au point de vue du poids, à peu près dans la même situation que les betteraves à l'air libre vers la fin de juin. Au point de vue de la composition elles leur étaient bien inférieures, comme on peut le voir en consultant la troisième colonne du premier tableau donné ci-dessus.

3° La richesse saccharine des racines est de 6, 96 à l'air libre, de 4, 76 sous cloche transparente, de 3,09 sous cloche noircie, et les poids relatifs des feuilles vont en raison inverse. On trouve, en effet, d'après les nombres qui précèdent, pour 100 poids de racine :

	Sucre.	Feuilles.
A l'air libre	6,96	58
Sous cloche transparente	4,76	103
Sous cloche noircie	3,09	400

Il faudrait bien se garder cependant de considérer ces résultats comme étant en contradiction avec les expériences de MM. Corenwinder et Viollette sur le rôle des feuilles dans la production du sucre. Comme le rappelle M. Corenwinder dans son dernier mémoire sur cette question, les cellules qui constituent la plante contiennent des organismes différents et exercent des fonctions distinctes. Ainsi, tandis que la chlorophylle, sous l'influence de la lumière, décompose l'acide carbonique de l'air et détermine par l'assimilation du carbone la formation des principes hydrocarbonés qui sont l'origine du sucre, le protoplasma vit et respire à la manière des animaux et doit emprunter à la racine ses aliments azotés et respiratoires, c'est-à-dire probablement du sucre destiné à être brûlé dans l'acte de la respiration. Or, le protoplasma existe surtout dans les jeunes pousses, qui sont par conséquent épuisantes pour la racine. Les feuilles

larges et bien développées où la chlorophylle abonde semblent donc destinées à préparer et à transmettre à la racine les principes nutritifs et particulièrement le sucre qui doit servir au développement des jeunes feuilles. Les anciennes feuilles, qui se flétrissent vers la fin de la végétation, sont ainsi les nourricières des jeunes, qui ont une tendance à se former constamment à la partie centrale, pour donner enfin naissance à la tige, qui portera elle-même la fleur et le fruit, but final de toute cette évolution.

Au moment de la levée le poids de la feuille est huit ou dix fois plus grand que celui de la racine; la production du sucre dépasse les besoins de la jeune plante et la racine s'enrichit. Vers le commencement d'août le poids des feuilles devient égal à celui de la racine et une sorte d'équilibre s'établit entre la production du sucre et son emploi pour l'alimentation des feuilles encore naissantes et pour l'entretien de la racine, qui continue à s'accroître. Mais cet équilibre peut être troublé par bien des causes. La production sera diminuée par l'épuisement ou la disparition des feuilles du contour ou par le défaut de lumière qui affaiblira leur énergie vitale; la consommation, au contraire, se trouvera accrue par des circonstances météorologiques qui provoqueront une production trop abondante des feuilles centrales ou un développement trop rapide de la racine. Dans ces conditions la richesse saccharine diminuera. Si au contraire la plante reçoit dans les derniers mois plus de lumière, moins de chaleur et moins d'eau, les phénomènes contraires se produiront et la plante s'enrichira.

Remarquons maintenant que sous la cloche en verre transparent nous avons eu, sans doute par le fait d'une température plus élevée, un développement beaucoup plus abondant des nouvelles feuilles et peut-être aussi une respiration plus active, d'après les résultats récemment obtenus par MM. Dehérain et Maquenne sur les influences spéciales des radiations calorifiques et lumineuses. La consommation du sucre l'a donc emporté sur sa production et la racine s'est appauvrie. Sous la cloche noircie tous les phénomènes de la vie se sont trouvés presque complètement arrêtés.

4° Le résultat qui nous a paru le plus intéressant à signaler est la proportion considérable des cendres alcalines et surtout la richesse tout à fait exceptionnelle en nitrate sous la cloche noircie. Ce dernier sel ne se décomposerait donc dans la plante que sous l'influence de la lumière; dans l'obscurité il s'emmagasinerait sans pouvoir

utiliser son azote, de sorte que les principes à la composition desquels cet azote doit concourir ne pourraient se former.

5° On pourrait conclure de ce qui précède que les mauvaises années pour la betterave doivent être attribuées non seulement aux conditions défavorables de température et d'humidité, mais aussi et surtout peut-être au défaut de lumière. On s'est plaint très vivement de l'abondance des nitrates dans certaines récoltes; or, ces sels, qui s'accumulent dans les mélasses et dans les bas produits et augmentent la difficulté du travail, provenaient souvent de betteraves cultivées sur des terres qui n'en avaient reçu aucune trace. Ce n'est donc pas seulement à l'abus des nitrates comme engrais que l'on doit attribuer le fait, mais aussi à un ciel trop constamment couvert.

On sait combien le voisinage des grands arbres est nuisible aux végétaux qui les entourent. On attribue ordinairement à leurs racines cette influence fâcheuse. Il serait peut-être plus exact de l'attribuer à l'ombre qu'ils projettent, d'autant plus qu'il a été démontré par M. Cailletet que la lumière verte ne provoque aucune décomposition de l'acide carbonique.

III. — Influence des nitrates et des phosphates.

Jusqu'ici presque toutes nos expériences avaient été faites dans le voisinage de la ville, sur une terre calcaire assez légère et exceptionnellement riche en acide phosphorique, sur laquelle par conséquent les phosphates ne pouvaient produire aucun effet. Il était important de varier ces conditions en opérant sur d'autres qualités de terre, mais il fallait obtenir pour cela le concours d'un cultivateur résidant à une certaine distance d'Arras. Or les cultivateurs préfèrent en général s'en tenir à la simple observation des faits tels qu'ils se présentent que de recourir à l'expérience qu'il faut diriger dans un sens déterminé et qui exige des détails de précision dont ils n'ont pas l'habitude. Cependant l'année dernière j'ai été assez heureux pour trouver dans M. Delattre, cultivateur à Aix-Noulette et membre de la Société d'agriculture de Béthune, un collaborateur ayant toutes les qualités et tout le dévouement nécessaires, et nos essais auraient été faits avec une très grande exactitude sans l'irrégularité de la levée, qui est venue troubler un peu l'évaluation des résultats obtenus.

La terre sur laquelle nous avons opéré, essayée suivant la méthode décrite dans plusieurs bulletins de la station agronomique du Pas-de-Calais, a donné les résultats suivants:

Carbonate de chaux p. 100	0,1
Degré argileux	54
Degré humique	23
Graviers p. 100	0,5

C'était donc une terre limoneuse ordinaire, très pauvre en calcaire, contenant une proportion normale d'humus et d'une nature analogue à celles qui forment la majorité des terres de nos contrées.

Deux dosages de l'acide phosphorique ont donné 0,102 et 0,092, soit une moyenne de 0,097 pour 100 ou de 97 grammes par 100 kilogrammes de terre. Ce nombre représentant à peine la richesse moyenne dans le Pas-de-Calais, nous pouvions supposer, conformément aux observations que nous avons déjà faites à cet égard, que les superphosphates auraient produit un effet utile, ce qui a eu lieu en effet.

Le champ d'expériences a été divisé en 14 parcelles d'un are prises sur deux rectangles parallèles de 7 ares chacun. Les 7 parcelles de l'un des rectangles ont reçu la graine ordinaire du pays, donnant une betterave rosée, à peau lisse, assez pivotante et sortant plus ou moins de terre; les 7 autres, une graine de M. Simon-Legrand marquée C et provenant d'une race améliorée. Les parcelles occupant le même rang sur chaque rectangle et placées par conséquent à côté l'une de l'autre, ont reçu les mêmes engrais, qui ont été par are:

1.	Fumier	800 kil.
	Tourteaux	6
	Guano	3
2.	Nitrate de soude	6
	Chlorure de potassium	2
3.	Nitrate de soude	6
	Superphosphate	6
	Chlorure de potassium	2
4.	Nitrate de soude	12
	Chlorure de potassium	2
5.	Nitrate de soude	12
	Superphosphate	12
	Chlorure de potassium	2
6.	Guano	8
7.	Aucun engrais.	

Les parcelles 2 et 4 étaient particulièrement destinées à rechercher l'influence d'une dose modérée ou excessive de nitrate employé

seul, et les parcelles 3 et 5 à rechercher dans ces deux cas l'influence des superphosphates.

On a semé le 5 mai et les observations suivantes furent faites le 8 juin : La levée était assez bonne avec les betteraves ordinaires du pays, beaucoup plus faible avec la betterave C, qui laissait en outre des vides nombreux. Il y avait une infériorité sensible sur les parcelles au nitrate seul, surtout sur celle qui en avait reçu 12 kilogrammes. La levée était meilleure sur celles qui avaient en outre reçu des superphosphates : l'acide phosphorique avait donc eu une action manifestement salutaire.

La terre des parcelles qui avaient reçu 12 kilogrammes de nitrate se distinguait nettement du reste du champ par le tassement de la surface. Ce phénomène, quel'on désigne sous le nom de glaçure, paraît tenir à une action délayante du nitrate, qui maintient plus longtemps l'humidité dans les couches superficielles avant de s'enfoncer dans le sol.

Le 24 septembre un certain nombre de plantes, représentant autant que possible la grosseur moyenne, a été prélevé sur chaque parcelle. Les feuilles ont été pesées sur place et les racines transportées au laboratoire de la station pour être pesées et analysées. Nous donnons plus loin les résultats obtenus.

Le rendement à l'hectare inscrit sur ce tableau n'est pas le rendement réel. Ce dernier, en effet, ne pouvant se déduire que du poids obtenu en pesant la totalité des racines de chaque parcelle, la comparaison n'aurait pu s'établir, puisque les résultats eussent été plus ou moins troublés par les vides accidentels. Il nous a paru préférable de prendre les échantillons sur les points où les distances étaient bien ce qu'elles devaient être, et de calculer ensuite le rendement d'après le poids moyen des racines prélevées et en supposant une distance uniforme partout. Les chiffres que nous donnons représentent donc ce qu'eussent été les rendements sans les vides et si les distances avaient été conservées exactement telles qu'elles sont indiquées en tête de chaque colonne.

Voici maintenant quelques-unes des observations qui peuvent se déduire des résultats obtenus.

1° Pour la betterave ordinaire le degré au densimètre varie de 4,0 à 4,9 et la richesse saccharine de 7,57 à 10,10, tandis que pour la betterave C ces variations sont de 5,0 à 6,0 pour le degré et de 9,09 à 11, 63 pour la richesse.

2° Sur toutes les parcelles la proportion des feuilles pour 100 poids de racines est beaucoup plus grande dans les betteraves riches que dans les betteraves pauvres, ce qui confirme les observations déjà faites par MM. Dehérain, Corenwinder et Viollette. Remarquons qu'il importe, pour constater ce rapport, d'opérer sur des betteraves prises exactement dans les mêmes conditions et qui n'ont pas encore atteint leur point de maturité. Il peut devenir très différent, si l'on compare des betteraves qui n'ont pas été semées à la même époque et ne sont pas arrivées à la même période de leur développement, ou bien si ces betteraves ont dépassé leur point de maturité, parce que dans ce dernier cas les feuilles extérieures se flétrissent et tombent et que le poids total des organes foliacés va en diminuant d'une manière plus ou moins rapide.

3° Si l'on compare les quatre parcelles au nitrate seul avec celles qui ont en même temps reçu du superphosphate, on trouve que ce dernier sel a généralement augmenté la richesse saccharine et que sur trois parcelles il a augmenté le rendement ; ce qui confirme les expériences de MM. Corenwinder et Woussen sur les terres de Houdain, qui probablement étaient de même nature que celle qui a servi à nos expériences [1].

4° En comparant les parcelles qui ont reçu 6 kilog. de nitrate avec celles qui ont reçu 12 kilog., avec ou sans phosphate, on trouve que partout l'excès de nitrate a affaibli le degré au densimètre et la richesse en sucre, ce qui devait être prévu ; mais que cet excès a aussi diminué le rendement sur trois parcelles, ce qu'il est plus difficile d'expliquer.

5° Les parcelles qui ont donné les meilleurs résultats sont celles qui ont reçu 6 kilog. de nitrate de soude; les 6 kilog. supplémentaires, même avec addition de superphosphate, ont été inutiles ou nuisibles, aussi bien pour le cultivateur que pour le fabricant. Remarquons cependant que dans ce genre d'essai il importe de ne pas trop se hâter pour généraliser les conclusions. Nous citons les faits observés dans une année ou pendant le cours de la végétation: on a eu 20 à 25 jours de pluie sur 30; ils ne seraient plus les mêmes sans doute dans une année moins pluvieuse, qui laisserait les sels solubles en plus grande abondance à la portée des racines.

6° Remarquons encore qu'en comparant les parcelles sur lesquelles on n'a employé que du nitrate avec celles où le nitrate a

[1] Voy. *Ann. agron.*, tome I, p. 13. — 1875.

BETTERAVES SEMÉES LE 5 MAI ET ARRACHÉES LE 24 SEPTEMBRE.

C. Graines de M. Simon-Legrand. O. Graines ordinaires du pays.

		1. Fumier.. 800 Tourteau 6 Guano .. 3	2. Nitrate... 6 Chlorure . 2	3. Nitrate... 6 Phosphate 6 Chlorure . 2	4. Nitrate.. 12 Chlorure 2	5. Nitrate... 12 Phosphate 12 Chlorure . 2	6. Guano... 8	7. Rien.
Distances	C	43 sur 50	43 sur 23	43 sur 23	43 sur 23	43 sur 23	43 sur 23	43 sur 23
	O	43 sur 50	43 sur 23	43 sur 23	43 sur 23	43 sur 23	43 sur 23	43 sur 23
Plantes à l'hectare	C	46 000	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000
	O	46 000	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000
Poids de la racine	C	572	480	328	368	400	328	168
	O	858	678	716	588	640	456	224
Poids des feuilles	C	340	440	340	520	480	240	160
	O	320	320	240	340	280	140	100
Poids des feuilles pour 100 de racines	C	60	92	103	141	120	73	95
	O	37	47	33	63	43	30	44
Rendement en supposant les distances ci-dessus	C	26 300	48 000	32 800	36 800	40 000	32 800	16 800
	O	39 400	67 800	71 600	53 800	64 000	46 600	22 400
Densité du jus	C	5.4	5.2	5.6	5.0	5.3	6.0	6.0
	O	4.0	4.5	4.5	4.0	4.1	4.9	4.8
Sucre pour 100 de betteraves	C	10.64	10.20	11.36	9.09	10.64	11.63	11.63
	O	7.94	8.93	8.93	7.57	8.20	10.10	9.43
Carbonates alcalins pour 100 de betteraves	C	0.386	0.469	0.435	0.724	0.545	0.504	0.573
	O	0.504	0.510	0.497	0.683	0.593	0.490	0.552
Chlorures alcalins pour 100 de betteraves	C	0.059	0.082	0.074	0.072	0.063	0.056	0.037
	O	0.127	0.086	0.119	0.115	0.093	0.060	0.063
Total de ces sels	C	0.445	0.551	0.509	0.796	0.608	0.560	0.610
	O	0.631	0.596	0.616	0.798	0.686	0.550	0.615
Nitrate pour 100 de betteraves	C	0.020	0.050	0.027	0.154	0.098	0.061	0.025
	O	0.085	0.060	0.063	0.243	0.158	0.029	0.045
Sels alcalins pour 100 de sucre	C	4.18	5.40	4.48	8.75	5.71	4.81	5.24
	O	7.94	6.67	6.90	10.54	8.36	5.44	6.54
Nitrate pour 100 de sucre	C	0.19	0.49	0.24	1.68	0.92	0.52	0.21
	O	1.07	0.67	0.70	3.21	1.92	0.28	0.47
Sucre à l'hectare avec le rendement supposé	C	2798	4896	3728	3345	4256	3815	1953
	O	3128	6054	6394	4072	5248	4707	2112
Sels alcalins avec le rendement supposé	C	117	264	167	293	243	166	102
	O	249	404	441	429	439	256	137
Nitrates avec le rendement supposé	C	5	24	9	57	39	20	4
	O	33	41	45	131	101	13	10

été mêlé de phosphate, on trouve que sur ces dernières la proportion des carbonates alcalins dosés dans les cendres est devenue sensiblement moindre et que les nitrates dosés dans les jus ont aussi diminué sur trois parcelles dans une forte proportion. On peut donc admettre qu'une plus grande portion de l'alcali uni à l'acide nitrique s'est transformé en phosphate, et peut-être ce fait pourrait-il expliquer le rôle utile de l'acide phosphorique. Cet acide, en dégageant l'acide nitrique d'une combinaison assez stable, faciliterait sa décomposition et par suite la production des matières azotées auxquelles il donne naissance et qui sont destinées à accomplir dans les feuilles un travail nécessaire au développement de la plante et surtout à la formation du sucre. On sait en effet que M. Péligot a constaté dans la betterave la présence des phosphates alcalins.

Ne pourrait-on supposer aussi que la potasse n'a d'autre rôle à remplir que celui d'introducteur de l'azote nitrique dans les plantes. C'est surtout, en effet, à l'état de sel de potasse que l'acide nitrique pénètre dans la betterave, et il n'est admis que sous cette forme seule dans beaucoup de végétaux. Les principes minéraux, acide phosphorique et potasse, ne seraient plus alors nécessaires comme parties constituantes des végétaux, mais simplement comme auxiliaires dans le travail de groupement des éléments organiques, et les phosphates alcalins ne seraient ainsi que les produits accessoires du travail utile accompli par l'acide phosphorique.

7° Quelques résultats ont été contraires à toutes nos prévisions. Nous pensions obtenir des racines beaucoup plus volumineuses sur les parcelles qui avaient reçu une très forte proportion de fumier, de tourteaux et de guano, et où l'on avait conservé un très grand espacement entre les plantes. Nous nous attendions aussi à trouver dans ces racines une plus forte proportion de sels et notamment de nitrates.

Les parcelles 6, au guano, nous ont donné de très bonnes betteraves et peu de poids; nous nous attendions plutôt à un résultat contraire. Le guano employé, qui nous avait été obligeamment fourni par M. Lastrade, de Dunkerque, était en effet d'excellente qualité; il renfermait :

Azote p. 100	11,00
Acide phosphorique en grande partie soluble	13,50

Enfin la parcelle sans engrais nous a donné une proportion de

cendres relativement assez forte. Les pluies continuelles, en enlevant les matières solubles à mesure qu'elles se produisaient dans le sol, ou peut-être même en les empêchant de se former, ont pu être la cause de ces résultats anormaux.

IV. — Composition de la betterave mammouth.

On sait que MM. Barral et Péligot ont appelé l'attention sur cette betterave, remarquable par les dimensions énormes qu'elle peut acquérir, et dont les échantillons analysés renfermaient, avec une proportion très faible de sucre, une quantité exceptionnellement forte de nitrate. Nous avons voulu rechercher ce que donnerait cette racine sur la terre de notre champ d'expériences et nous avons opéré avec une graine due à l'obligeance de M. Dudouy.

	30 JUILLET.	4 SEPTEMBRE.	1er OCTOBRE.	24 OCTOBRE.
Poids des racines	469	1785	2575	2450
Poids des feuilles	951	2105	1570	695
Poids des feuilles p. 100 de racines	203	118	70	29
Densité du jus	3.4	3.1	3.2	3.2
Sucre p. 100 de betteraves	5.38	4.54	5.26	5.21
Carbonates alcalins p. 100 de betteraves	0.614	0.683	0.718	0.683
Chlorures alcalins p. 100 de betteraves	0.127	0.179	0.127	0.156
Total de ces sels	0.741	0.862	0.845	0.839
Nitrate p. 100 de betteraves	0.419		0.407	0.462
Sels alcalins p. 100 de sucre	13.77	18.98	16.06	16.10
Nitrates p. 100 de sucre	7.78		7.73	8.86

Pour favoriser le grossissement, une très forte fumure de tourteaux, de guano et de sulfate d'ammoniaque a d'abord été enfouie à 25 centimètres et une autre de même nature, avec un peu de nitrate de potasse, a été mise à la surface. En outre les plantes

ont été laissées à une distance de 60 centimètres. Or, malgré ces conditions, les racines ont été bien loin de donner le poids qu'elles ont atteint l'année dernière ; elles ont donc, au point de vue du poids, subi plus que la betterave ordinaire l'influence défavorable des conditions météorologiques, et cette diminution de poids leur a fait perdre beaucoup de leurs caractères.

Les proportions du sucre, des sels alcalins et des nitrates y restent à peu près constantes depuis la fin de juillet, mais celle des nitrates, quoique très forte encore, n'atteint guère que la moitié de ce qu'elle était l'année dernière et de ce que nous avions trouvé nous-même dans une betterave cultivée sur fumier et pesant près de 5 kilog. La proportion de sucre, au contraire, est plus élevée.

Ces résultats s'accordent d'ailleurs avec l'observation tant de fois vérifiée que les carbonates alcalins et particulièrement les nitrates augmentent progressivement avec le poids de la betterave et vont en raison inverse du sucre. Si, en effet, les nitrates s'emmagasinent dans la racine sans se décomposer, ils ne peuvent concourir à la formation des organes producteurs du sucre, la racine reste pauvre et ses cendres sont abondantes en carbonates alcalins; si au contraire les nitrates se décomposent par la transformation de leur alcali en phosphates, leur azote se trouve utilisé, le sucre est alors plus abondamment sécrété et il se forme moins de carbonates alcalins dans les cendres, comme nous l'avons déjà fait observer plus haut.

Remarquons encore combien a été rapide dans ces betteraves le décroissement du poids des feuilles comparé à 100 poids de racines.

V. — Expériences relatives à l'épuisement du sol.

Deux parcelles ont été cultivées en betteraves sans interruption depuis dix ans ; on en a exclu toute espèce de matières organiques, et la première a reçu chaque année un engrais chimique complet formé de nitrates de soude et de potasse, superphosphate de chaux, sulfate d'ammoniaque et chlorure de potassium ; la seconde n'a reçu aucune espèce d'engrais. Le tableau suivant renferme les résultats obtenus.

De 1870 à 1875 inclusivement nous avons employé la betterave ordinaire du pays ; de 1876 à 1878, la betterave Dervaux ; en 1877,

CULTURE CONTINUE EN BETTERAVES DE 1870 A 1879.

E, avec engrais complet. — O, sans aucun engrais.

		1870.	1871.	1872.	1873.	1874.	1875.	1876. D	1877. D	1878. D	1879.
Densité du jus	E	5.5	5.2	6.0	6.3	5.4	4.9	6.2	6.7	6.9	4.7
	O	5.6	6.3	6.2	6.2	5.8	5.1	7.1	7.9	6.7	5.2
Sucre p. 100 de betterave	E	11.4	10.5	11.4	12.3	10.6	9.8	12.8	14.9	14.3	8.3
	O	11.4	11.0	13.9	13.3	12.0	10.9	14.9	16.7	13.9	10.0
Carbonates alcalins de betterave p. 100	E	0.586	0.531	0.718	0.510	0.628	0.400	0.400	0.393	0.393	0.655
	O	0.697	0.507	0.524	0.324	0.365	0.352	0.280	0.283	0.324	0.414
Chlorures alcalins p. 100	E	0.044	0.050	0.062	0.027	0.066	0.116	0.054	0.045	0.025	0.089
	O	0.059	0.026	0.042	0.015	0.042	0.046	0.019	0.007	0.022	0.030
Total de ces sels	E	0.630	0.581	0.780	0.537	0.694	0.516	0.454	0.438	0.418	0.744
	O	0.756	0.533	0.566	0.339	0.407	0.398	0.399	0.290	0.356	0.444
Total des sels p. 100 de sucre	E	5.5	5.5	6.8	4.4	6.5	5.2	3.5	2.9	2.9	8.9
	O	6.6	4.8	4.1	2.5	3.2	3.6	2.0	1.7	2.5	4.4
Rendement à l'hectare	E	51000	48350	64567	40525	55200	73550	39120	51100	58000	33000
	O	54000	33150	51520	30458	35500	45250	27360	26000	27300	10000
Sucre à l'hectare	E	5814	5077	7361	4984	5533	7208	4007	7614	8337	2739
	O	6156	3646	7164	4051	4473	4982	4077	4342	3795	1000

encore une mauvaise betterave du pays. On avait semé cette année le 5 avril et la levée n'a pas eu lieu. On a semé de nouveau le 5 juin; la levée s'est faite cette fois d'une manière rapide et régulière, mais les racines ne se sont ensuite développées qu'avec beaucoup de lenteur.

Dans le tableau précédent nous désignons par la lettre E les résultats obtenus avec engrais et par la lettre O ceux qui ont été obtenus sans engrais. La lettre D indique les trois années pendant lesquelles les betteraves Dervaux ont été substituées à la betterave ordinaire. Les plantes ont toujours été laissées à de petites distances et sans vides, ce qui explique l'importance des rendements.

Nous ferons remarquer d'abord que les oscillations relatives au rendement, à la densité et à la richesse saccharine s'accordent très bien avec les renseignements qui nous ont été donnés sur l'état de la betterave depuis dix ans et que nous avons résumés dans la dernière partie de ce travail. Cette concordance est complète si l'on tient compte des différences que devait présenter la betterave Dervaux employée en 1876, 1877, 1878. Remarquons encore que ni le rendement, ni la richesse n'ont paru s'affaiblir sur la parcelle à engrais chimique. L'année 1879 se trouve, il est vrai, fort inférieure aux autres, mais on sait que cette infériorité a été générale, que le rendement a été partout exceptionnellement faible et la betterave à peine passable.

Sur la parcelle sans engrais le rendement va naturellement en s'affaiblissant, mais on pouvait s'attendre à un décroissement plus continu et plus rapide, et la richesse saccharine s'y trouve presque constamment plus élevée que sur l'autre parcelle. Le racine venue sans engrais est aussi de meilleure qualité, car la proportion des sels pour 100 de sucre y est beaucoup moindre.

On peut tirer de ces résultats les conclusions suivantes: 1° La fertilité du sol pour une même plante peut être maintenue par l'emploi seul des engrais chimiques. Il est bien entendu d'ailleurs que cette possibilité n'exclut en aucune façon l'utilité du fumier ni les avantages que présente l'alternance des cultures. 2° La mauvaise qualité de la betterave ne peut être attribuée, comme on l'a dit, à un sol usé sur lequel on a fait abus de cette culture, mais plutôt à un sol devenu trop riche et sur lequel on a abusé des engrais de toute sorte.

VI. — Comparaison entre les résultats obtenus et les conditions météorologiques des dix dernières années.

Dans le but de chercher les relations qui doivent exister entre les conditions météorologiques de l'année, le rendement et les qualités de la betterave, nous avons résumé dans le tableau suivant les résultats obtenus depuis dix ans.

Les trois premières colonnes de ce tableau sont relatives au rendement moyen, à la qualité de la betterave et à la densité du jus. Les indications qui s'y trouvent résultent non seulement des notes que nous avons conservées, mais aussi de renseignements dus à l'obligeance d'un grand nombre de fabricants de sucre du département. Ces renseignements sont presque unanimes pour les années 1870, 1873, 1874, 1876, 1877, surtout pour 1876 et 1877; il y a un peu moins d'accord pour les autres années. Les densités données à la colonne suivante sont, non pas celles des betteraves améliorées, encore malheureusement trop rares, mais celle de la betterave ordinaire rosée et à peau lisse. Nous avons cru intéressant de joindre à ces renseignements, qui concernent le Pas-de-Calais, les nombres qui donnent la production du sucre en France depuis 1870 et que nous trouvons dans le n° du 5 novembre du journal des frabricants de sucre. Ces chiffres représentent en tonnes la quantité de sucre obtenue dans toute la campagne avec les betteraves récoltées dans l'année correspondante du tableau. Les colonnes suivantes donnent les températures moyennes et les quantités de pluie obtenues à Arras pendant les mois de la végétation.

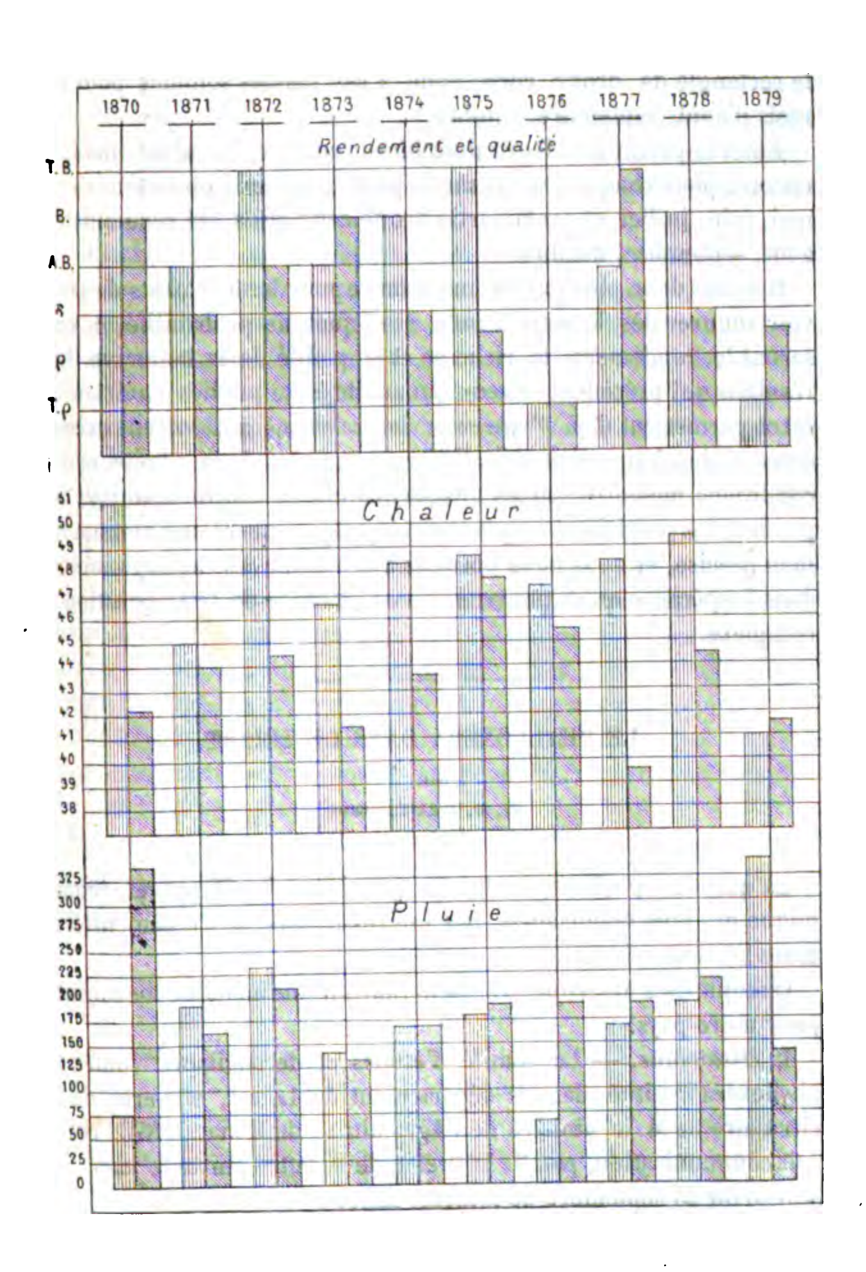
Afin de rendre la comparaison plus facile, les résultats ont été aussi représentés graphiquement dans le tableau qui suit. La partie supérieure de ce tableau est relative au rendement et à la qualité de la betterave; pour chaque année le rectangle de gauche donne le rendement et celui de droite la qualité.

T. B.	représente :	rendement	très bon,	qualité	très bonne.
B.	—	—	bon,	—	bonne.
A. B.	—	—	assez bon,	—	assez bonne.
P.	—	—	passable,	—	passable.
F	—	—	faible,	—	mauvaise.
T. F.	—	—	très faible,	—	très mauvaise.

La partie moyenne donne les quantités de chaleur reçues. La lon-

RÉSULTATS OBTENUS AVEC LA BETTERAVE ET CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DES DIX DERNIÈRES ANNÉES.

ANNÉES.	RENDEMENT.	QUALITÉ.	DENSITÉ DU JUS.	PRODUCTION du sucre en France.	AVRIL.		MAI.		JUIN.		JUILLET.		AOUT.		SEPTEMBRE.		OCTOBRE.	
					Chaleur.	Pluie.	Chaleur.	Pluie.	Chaleur.	Pluie.	Chaleur.	Pluie.	Chaleur.	Pluie.	Chaleur.	Pluie.	Chaleur.	Pluie.
				tonnes.														
1870	Bon.	Bonne.........	5.3	282.109	11.2	5.3	13.6	28.7	16.9	11.3	20.5	34.6	17.3	61.6	13.9	31.2	10.8	234.4
1871	Assez bon.	Passable.......	4.4	324.429	10.2	90.6	12.5	25.7	14.6	89.2	18.1	79.0	19.2	21.2	16.3	80.4	8.6	57.7
1872	Très bon.	Assez bonne....	4.8	395.254	10.3	47.8	12.2	86.0	16.9	50.0	20.6	91.0	18.7	85.8	15.6	30.7	10.1	84.5
1873	Assez bon.	Bonne.........	5.3	383.218	8.6	48.6	11.0	45.5	16.7	63.3	19.1	26.2	18.2	40.3	13.5	33.5	9.9	56.1
1874	Bon.	Passable.......	4.6	437.996	11.0	20.7	11.4	32.9	16.6	25.7	20.1	16.0	17.0	34.2	15.5	92.3	11.0	47.2
1875	Très bon.	Médiocre......	4.2	462.250	9.6	8.0	14.7	30.7	16.7	82.0	17.4	63.7	19.1	62.0	16.6	73.5	9.0	61.6
1876	Très faible.	Très mauvaise..	3.9	232.000	9.3	41.3	10.8	15.3	16.7	32.0	19.6	23.8	19.3	87.3	13.9	87.0	12.1	24.5
1877	Assez bon.	Très bonne.....	5.5	387.000	8.8	45.0	11.3	88.2	19.1	23.0	17.8	61.2	17.7	96.5	12.3	50.3	9.3	48.5
1878	Bon.	Passable.......	4.7	420.000	11.3	53.7	14.2	88.4	17.2	60.6	18.0	46.7	18.6	86.6	14.9	42.9	10.6	87.3
1879	Très faible.	Passable.......	4.4		7.6	48.4	10.6	51.7	15.9	138.6	15.5	142.0	17.6	50.5	15.1	39.5	9.8	45.4


1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
Rendement et qualité
T. B.
B.
A. B.
P
T. P
Chaleur
51
50
49
48
47
46
45
44
43
42
41
40
39
38
Pluie
325
300
275
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0

gueur du rectangle de gauche représente, pour chaque année, la somme des températures moyennes des mois de mai, juin, juillet; le rectangle de droite correspond à ces mêmes sommes pour les mois d'août, septembre, octobre.

Enfin la partie inférieure du tableau, relative à la pluie, indique encore, pour chaque année, sur la partie gauche la pluie tombée en mai, juin, juillet, et sur la partie droite celle qui a été recueillie en août, septembre, octobre.

Il serait de la plus grande importance pour les fabricants de pouvoir augurer dès le mois d'août, avec quelque probabilité, ce que seront le rendement, la richesse et la qualité de la betterave. Les résultats qui précèdent et ceux qui ont déjà été publiés antérieurement permettent déjà d'entrevoir les relations qui doivent exister entre le développement des différents organes de la plante et les conditions météorologiques auxquelles elle se trouve soumise; cependant les prévisions ne peuvent s'appuyer encore sur aucune loi bien précise, et nous nous bornons à présenter ces renseignements dans l'espérance qu'ils pourront servir à l'étude de cette question si complexe.

LE PHYLLOXERA DANS LE LOIRET

PAR

M. J. DUPLESSIS

Professeur d'agriculture du Loiret.

La question phylloxera est une question scientifique et économique des plus importantes, qui intéresse, avec la France entière, toute l'Europe viticole.

Quoique déjà ancienne, elle est toujours d'une actualité menaçante pour notre pays.

I. *Historique.* — Le Comité d'études et de vigilance contre le phylloxera institué, dans le département du Loiret, en vertu de la circulaire de M. le Ministre de l'Agriculture du 6 mars 1876, recevait communication, par M. le Préfet, de la lettre suivante dans sa séance du 23 septembre de la même année :

« Monsieur le Préfet,

» La Société horticole croit devoir, dans l'intérêt général, vous signaler la présence du phylloxera dans le vignoble Orléanais; et

pour mieux vous renseigner, nous mettons sous vos yeux copie du rapport qui relate les circonstances qui ont amené cette fâcheuse découverte.

» Le dimanche 17 septembre, à l'Assemblée générale de la Société horticole, un membre signala l'état maladif de certaines parties de vignes. Une commission fut nommée et se rendit le lendemain matin au lieu désigné.

» Chemin faisant nous avons remarqué la belle végétation des vignes de cette contrée, chargées de fruits presque entièrement mûrs attachés à un bois vigoureux et portant des feuilles d'un vert foncé qui annonçaient un état de santé exceptionnel. En effet, le sol d'alluvion où elles sont plantées est d'excellente qualité. Cependant, en avançant davantage, le propriétaire nous montra une place vide où la vigne était disparue depuis trois ans; d'abord un cep mourut, puis deux, puis dix, etc., en s'élargissant sans cesse et occupant aujourd'hui un espace de quinze mètres environ de diamètre.

» Plus loin, le même effet s'est produit depuis, et c'est à cet endroit que nous avons examiné avec soin les vignes qui, dans cet état fâcheux de végétation, ne sont pas encore mortes; les sarments sont grêles, les feuilles petites et jaunes; les fruits, rares et maigres, tournent à peine et n'arriveront certainement pas à maturité.

» Nous avons remarqué à la partie inférieure des feuilles des vésicules ou gales, un peu moins proéminentes à la face supérieure du limbe, mais percées d'un trou.

» Malgré nos recherches, nous n'avons pu voir l'animal que nous supposons exister à l'intérieur. Nous avons ensuite fait arracher plusieurs souches de plantes malades. Les racines étaient dépourvues de chevelu; l'écorce, déchirée et soulevée irrégulièrement, était presque entièrement ramollie par la putréfaction, ou absente. Le bois de la racine est gris terne et fendillé longitudinalement.

» Au moyen d'une loupe nous ne tardons pas à découvrir un nombre considérable d'insectes de couleur jaune fauve et ovales. Un microscope vient compléter l'étude de leur forme. En effet, les antennes, les six pattes articulées, les protubérances formant six rangées sur le dos, tout vint confirmer nos malheureuses appréhensions : c'était bien le phylloxera vastatrix que nous avions devant nous. Ces insectes étaient par plaques dans les parties concaves et surtout formaient des chapelets à l'intérieur des fentes; c'est par milliers qu'on pouvait les compter.

» Chose remarquable, au milieu de ces vignes se trouvaient un poirier et un prunier qui ne se ressentaient nullement du mal de la vigne et étalaient leur belle végétation. Les échalas, les arbres, examinés avec soin à la loupe, ne semblaient pas recéler de phylloxera.

» Il résulte des faits et informations que la maladie avait commencé il y a trois ou quatre ans et que dans cet intervalle de temps elle aurait atteint environ quatre ou cinq ares de vignes. C'est beaucoup trop, sans doute; mais cette lenteur relative nous fait espérer qu'elle n'atteindra pas dans notre vignoble l'intensité qu'elle a dans les régions méridionales et que d'ailleurs on arrivera sans doute à trouver le remède tant désiré.

» La Société tout entière se met à votre disposition, Monsieur le Préfet, et le Président de la Commission en particulier, pour tous renseignements que vous pourriez désirer et vous prie d'agréer, etc.

» ROSSIGNOL, Louis,

» Président de la Commission et bibliothécaire de la Société. »

Tel est l'exposé sommaire des premiers faits relatifs au phylloxera dans le Loiret, décrits avec simplicité dans la lettre qui précède. M. le Préfet en informe aussitôt M. le Ministre de l'Agriculture par dépêche télégraphique. Quelques jours plus tard, le 27 septembre, le professeur Mouillefert, délégué de M. le Ministre et de l'Académie des sciences, arrivait à Orléans avec *mission d'étudier sur place la nouvelle apparition du phylloxera*[1].

Le savant professeur, en compagnie de la sous-commission du Comité, composée de MM. Vigneron, Jullien-Crosnier et Desse, se rendit aussitôt sur les points attaqués pour y reconnaître l'insecte.

Les pépinières de MM. Dauvesse, Desfossés, Ganguin, etc., sont ensuite visitées; mais rien de suspect n'est découvert.

« On se transporte ensuite dans les pépinières de MM. Transon, et c'est au moment où on allait quitter l'établissement, sans y avoir rien rencontré, que M. Mouillefert aperçut, le long du mur qui sépare les pépinières de la rue de la Mouillière, un espalier de vignes complètement mort.

» Et, en recherchant la cause, il découvrit, tout à côté, un plant de vignes américaines sur les racines duquel il constata la présence du phylloxera.

1. Séance du Comité d'études et de vigilance du 29 septembre 1876.

» Des renseignements donnés par MM. Transon il résulte que ce plant américain avait été importé d'Erfurth, il y a une quinzaine d'années que depuis cette époque toutes les vignes françaises; plantées le long du mur en question, après avoir végété avec plus ou moins de vigueur, avaient péri, sans qu'on puisse en faire réussir aucune, et qu'ainsi, c'était à notre département que revenait le triste honneur d'avoir été le premier en date attaqué par la terrible maladie américaine.

» On ne s'en était point inquiété au début, d'abord parce qu'on connaissait peu ou point alors le phylloxera, ensuite parce qu'on avait attribué à diverses causes le dépérissement et la mort de cet espalier[1]. »

Les faits que nous venons d'exposer remontant à 1876, il en résulterait qu'à l'époque actuelle (septembre 1879) il y aurait dix-huit ans que le terrible insecte aurait été introduit à Orléans, soit vers 1862.

Or, c'est vers 1862 aussi que les premiers ceps américains sont importés à Roquemaure (Gard) et à Bordeaux. Dès cette époque donc un vaste *triangle phylloxérique* était jeté sur la France, de Bordeaux à Roquemaure et de Bordeaux et Roquemaure à Orléans.

II. *Envahissement.* — Il faut conclure de là que la marche du phylloxera a été beaucoup moins rapide ici que dans le Midi et le Sud-Ouest. Cela avait été prévu du reste par les savants délégués de l'Académie des sciences, qui ont annoncé depuis longtemps que la progression de l'insecte serait moins rapide vers le Nord que dans le Midi. Aujourd'hui (après dix-huit ans de présence des cépages américains à Orléans) les taches extrêmes, officiellement constatées, sont situées à trois mille mètres.

Il y a environ vingt hectares d'envahis, sur lesquels deux hectares sont détruits, dix hectares malades à divers degrés et le reste atteint à l'état latent.

III. *Points attaqués.* — C'est dans la commune même d'Orléans et dans la commune voisine, Saint-Jean-le-Blanc, que le phylloxera a fait son apparition.

Les points attaqués sont situés sur la rive gauche de la Loire, en face d'Orléans, à l'endroit où se trouvent les pépinières si renommées qui ont fait, avec les sucres et les couvertures, la fortune du pays.

IV. *Les difficultés rencontrées.* — Le morcellement extrême de

1. Même séance du Comité d'études et de vigilance.

la propriété, qui est une preuve manifeste de la richesse, a fait que, dès le début de l'invasion phylloxérique, plusieurs propriétaires avaient à la fois des vignes malades. Cette circonstance a été déterminante contre les premières mesures proposées par le Comité pour combattre l'insecte. Celui-ci, dès le début, avait demandé que l'arrachage fût méthodiquement appliqué, avec combustion des ceps et désinfection du sol.

Tous les propriétaires intéressés à se prononcer sur cette question furent convoqués. Ils étaient au nombre de trente-cinq.

Un seul, M. Paul Dauvesse, vota dans le sens des mesures proposées.

Le Comité était battu.

Il voulut s'adresser aux Chambres pour obtenir une loi qui rendît l'arrachage obligatoire dans le département.

Mais là encore il obtint un insuccès. La lettre suivante de la commission de la Chambre des Députés instituée pour étudier la question du phylloxera, le prouve :

« Vous avez demandé à la Commission parlementaire du phylloxera de vouloir bien prendre l'initiative d'une loi générale qui, pour cause d'utilité publique, ordonnerait l'expropriation et l'arrachage des vignes phylloxérées, ou, tout au moins, d'une loi spéciale qui, pour sauver les vignobles de l'Orléanais, prescrirait l'arrachage de 18 hectares de vignes situées à Saint-Jean-le-Blanc et seules atteintes, jusqu'à ce moment, par la maladie.

» Chargés par la Commission de vous faire connaître son sentiment, nous avons le regret de vous dire que, après une discussion approfondie, elle n'a pas cru pouvoir accueillir favorablement votre demande. Elle a une trop longue expérience des conditions dans lesquelles l'invasion phylloxérique s'est faite jusqu'à ce jour, pour penser que les vignes infectées, dans le clos de Saint-Marceau, sur une étendue déjà considérable, soient les seules atteintes par le fléau. Le moyen dont vous demandez l'application pour étouffer le mal dès son origine, moyen qui paraît dès l'abord naturel et sûr, a été employé partout au début de l'invasion : il n'a donné aucun résultat ; le phylloxera, que l'on croyait avoir pour jamais détruit, reparaissait bientôt, à des distances plus ou moins grandes, avec plus d'intensité que jamais.

» La mesure que vous demandez est grave. En accordant l'expro-

priation pour cause d'utilité publique, le législateur n'a voulu sacrifier l'intérêt particulier qu'à l'intérêt général évident et incontesté; la Commission n'a pas cru, en fait, que cette condition fût remplie.

» Du reste, en eût-il été autrement, qu'elle aurait eu à se demander si la loi du 3 mai 1841 serait applicable à la matière; et, dans ce cas, ce ne serait pas au Parlement que vous auriez dû recourir, mais bien à l'autorité compétente, pour faire déclarer l'utilité publique que vous demandez.

» Veuillez agréer, etc.

» Roudier, député de la Gironde, et Mallet, député du Gard. »

Le Comité fait observer que cette lettre renferme plusieurs erreurs. D'abord, à cette époque, il n'y a pas 18 hectares d'atteints, mais bien 1 hectare 32 ares seulement. Ensuite la progression de l'insecte est moins rapide vers le Nord que dans le Midi. Conséquemment il est plus facile de localiser la maladie par des mesures énergiques. Enfin la loi du 3 mai 1841 relative à l'exécution de travaux publics, ne paraît guère applicable à l'expropriation pour cause de phylloxera. Malgré ses insuccès le Comité ne renonce pas à la lutte. Dans sa séance du 27 février 1877 « il estime qu'il y a lieu de tenter des expériences de remèdes ». il fait, à cet effet, des démarches auprès de M. le Ministre de l'Agriculture et du Conseil général du Loiret pour avoir les fonds nécessaires; et bientôt il obtient enfin une première satisfaction tant désirée.

Il pourra désormais, avec 2000 fr. libéralement donnés par M. le Ministre de l'Agriculture et une pareille somme mise à sa disposition par le Conseil général, il pourra, dis-je, essayer de lutter contre le terrible ennemi de la vigne.

Le Comité ne se fait pas d'illusions. Il connaît d'avance l'opposition qui lui sera faite, par les propriétaires eux-mêmes, dans l'application des meilleurs remèdes.

Dès 1877, il ne peut traiter que les vignes de ceux qui veulent bien le laisser opérer. Encore faut-il qu'il aille chez chacun d'eux pour faire appel à leur raison, à leur intelligence, à leur patriotisme.

En 1878, il veut tenter l'application du sulfocarbonate par le procédé Mouillefert et Humbert.

Mais malgré les appuis énergiques de M. le préfet et de M. le maire d'Orléans, il ne peut vaincre l'opposition des propriétaires et il est obligé de renoncer à son projet.

En 1879, il rencontre la même opposition obstinée ; la loi du 15 juillet ne lui donne aucun pouvoir pour traiter d'office les vignes malades.

En présence de ces faits il a pris la résolution suivante dans la séance qu'il a tenue le 30 mai 1879, en priant M. le Préfet de la transmettre à M. le Ministre de l'Agriculture :

« Le Comité :

» Considérant que plusieurs propriétaires de senvirons d'Orléans et de Saint-Jean-le-Blanc refusent absolument de laisser traiter leurs vignes atteintes par le phylloxera ;

» Considérant que cette résistance crée une situation éminemment dangereuse en maintenant des foyers d'infection, d'où l'insecte s'élance pour réenvahir les vignobles traités au sulfure de carbone et au sulfocarbonate de potassium et en détruisant ainsi les bons effets du traitement ;

» Considérant que, par suite de la date récente encore de la découverte du phylloxera dans le Loiret, et du peu d'étendue des taches situées uniquement dans les communes d'Orléans et de Saint-Jean-le-Blanc et qui n'atteignent guère qu'une dizaine d'hectares, l'arrondissement d'Orléans peut être envisagé comme nouvellement atteint ;

» Émet le vœu que M. le Ministre de l'Agriculture et du Commerce veuille bien assimiler les taches d'Orléans et de Saint-Jean-le-Blanc aux taches nouvelles et en prescrire le traitement d'office. »

Je crois savoir que cette résolution n'a pas été étrangère à la nouvelle loi présentée par M. le Ministre de l'Agriculture aux Chambres, adoptée par celles-ci dans leurs séances des 26 et 31 juillet derniers et promulguée le 2 août suivant.

Dorénavant, en vertu de cette loi, le Ministre (dans les circonstances exceptionnelles, lorsqu'il y aura nécessité et urgence de préserver de l'invasion une contrée viticole, etc.) pourra ordonner le traitement de cette contrée.

Il serait à désirer que ce traitement d'office fût ordonné sans retard dans le Loiret, non seulement dans le foyer d'infection, mais aussi dans un périmètre suspect très étendu.

Une somme de 18 à 20 mille francs serait largement suffisante pour couvrir les frais d'un traitement énergique qui peut retarder beaucoup, sinon empêcher l'envahissement des 34 000 hectares de vignes du département.

Pendant que le Comité travaille activement, M. le Préfet prend de son côté des mesures préventives contre les modes de propagation de l'insecte qui sont le fait de l'homme, et deux procès déjà ont été dressés aux personnes qui contreviennent aux arrêtés préfectoraux et à la loi. Tels sont les difficultés principales rencontrées par l'administration préfectorale et par le Comité. J'en passe sous silence un grand nombre d'autres qui n'ont pas d'intérêt à être connues ici.

Si l'on songe maintenant aux facilités extraordinaires de progression et de propagation de l'insecte, et aux difficultés immenses que rencontrent les administrations départementales pour l'application des mesures préventives, et les comités d'études et de vigilance pour le traitement des taches phylloxeriques, on comprendra toute l'étendue du mal et la nécessité pour M. le Ministre de l'Agriculture d'appliquer énergiquement la loi.

V. *L'insecte.* — L'insecte, nous l'avons dit, paraît se propager beaucoup moins rapidement ici que dans le Midi.

Vraisemblablement le nombre de ses générations est moins grand. Mais ce n'est là qu'une hypothèse qui paraît en contradiction avec les faits suivants :

1° Le 10 décembre 1877 j'observais, en effet, de jeunes phylloxeras sur les racines et sur *le vieux bois de la souche*; et 2° le 27 février 1878 je constatais le réveil des hibernants. Il y aurait donc eu une longue période d'activité de l'insecte en 1877-78.

Peut-être le nombre des œufs pondus par chaque mère pondeuse est-il moins grand que dans le Midi. Cependant je ne crois pas non plus cette hypothèse bien fondée, car j'ai vu souvent dans le courant de l'été des mères pondeuses entourées de 20 à 30 œufs. Quelquefois même le nombre des œufs est si considérable qu'il m'a été impossible de l'apprécier à la loupe. La présence de l'insecte sur le vieux bois de la souche ne serait-elle pas la cause des réinvasions d'été dont il est tant parlé depuis deux ans? Dans tous les cas, elle prouve une fois de plus la nécessité de traiter la partie aérienne de la vigne aussi bien que la partie souterraine. Un autre fait remarquable est le suivant :

Le 20 septembre 1877, découverte de nymphes à la suite de recherches que je faisais à Saint-Jean-le-Blanc.

Cette observation tend à prouver évidemment que l'essaimage s'est fait à Orléans jusqu'au 1er octobre de cette année-là, et n'est

pas en contradiction avec la présence des jeunes sur la souche et le vieux bois dans le courant de décembre.

Je n'ai pu malheureusement déterminer l'époque où commence le dit essaimage ici, malgré de nombreuses recherches.

De même aussi il m'a été impossible de découvrir l'œuf d'hiver. Ce sont autant de travaux qu'il reste à faire.

VI. *Les traitements.* — Lorsque le Comité dut renoncer à l'arrachage, à la suite du rejet de sa pétition par la Chambre des députés et d'une conférence sans résultat avec les propriétaires, il pensa qu'il pouvait encore combattre la maladie, l'arrêter dans son développement, ou tout au moins en retarder les progrès, en appliquant les remèdes qui avaient reçu la sanction de la science et de l'application.

Il devenait inutile de recommencer les nombreuses expériences de la commission de l'Hérault et de la délégation de l'Académie à Cognac.

La lumière était faite par leurs remarquables travaux, qui devaient maintenant servir de guides en évitant des tâtonnements inutiles.

Dès le printemps de 1877 une sous-commission se mit à l'œuvre. Elle était composée de : MM. Vigneron, Jullien-Crosnier, de la Rocheterie et Duplessis.

Mais cette sous-commission, qui n'était pas maîtresse du terrain, devait agir avec prudence, avec ménagement vis-à-vis des propriétaires et des inventeurs.

C'est ainsi qu'elle dut laisser essayer 18 procédés en dehors d'elle, se réservant de les suivre dans leurs résultats, qui furent du reste tous négatifs.

De même elle fut obligée d'essayer directement des remèdes qui lui étaient pour ainsi dire imposés par de belles recommandations. Tels sont : le gant Sabaté, les pyrites de Saint-Bel, la poudre Boutin, la poudre Chevallier, les cubes Rohart, les pilules de foie de soufre, dont les résultats furent nuls et insignifiants. Au contraire, ses applications de sulfure de carbone et de sulfocarbonate de potassium produisaient un double effet considérable :

« Ces insecticides ont empêché les taches de s'agrandir; ils ont » permis à la vigne de mûrir ses fruits. »

A partir de ce moment, la sous-commission résolut de n'appliquer que ces deux remèdes, et dans sa séance du 10 mai 1879, le nou-

veau comité, constitué en vertu de la loi sur le phylloxera, confirma cette résolution.

a) *Sulfure de carbone.* — Dès 1872, M. le baron Thénard avait recommandé le sulfure de carbone pour détruire le phylloxera, cause de la nouvelle maladie de la vigne.

Mais cet insecticide, injecté dans le sol à la dose énorme de 100 grammes par souche, fit périr les vignes dans les premiers essais qui furent faits aux environs de Bordeaux, et d'abord porté aux nues, il fut bien vite abandonné.

En 1873, M. Monestier pensa qu'en l'appliquant à faibles doses, deux ou trois fois par an, on obtiendrait de meilleurs résultats. Il était dans le vrai, ainsi que l'ont prouvé plus tard les travaux de la Compagnie P.-L.-M.

M. Monestier enfonçait un tube métallique permanent à côté de chaque cep et injectait par ce tube 10 à 15 grammes du sulfure de carbone à chaque traitement. Les résultats qu'il obtint furent très satisfaisants et excitèrent l'enthousiasme des viticulteurs du Midi, qui crurent qu'un seul traitement devait être suffisant pour détruire tous les phylloxeras aptères souterrains.

De là de grandes déceptions qui firent rejeter encore le sulfure de carbone.

Un observateur attentif et patient, M. Alliès, eut le mérite, à ce moment, de persister à faire des applications successives, à faibles doses, de 30 gr. en quatre trous par cep, à l'aide d'un injecteur, et bientôt il vit ses vignes se régénérer.

Tel est le point de départ des travaux du Comité de P.-L.-M. Ajoutons que l'un des membres du dit Comité, M. Gastine, en inventant le pal injecteur qui porte son nom, a concouru aussi pour une large part à la vulgarisation du traitement des vignes par le sulfure de carbone. L'instrument est une sorte de pompe foulante munie d'un tube perforateur permettant de porter l'insecticide à $0^m,30$ ou $0^m,40$ dans le sol autour des ceps et à la profondeur de leurs racines.

C'est cet appareil dont se sert le Comité d'Orléans.

En 1877, l'habile directeur de la Compagnie P.-L.-M., M. Paulin Talabot, lui envoyait avec deux modèles de ce pal les premiers barils de sulfure de carbone aux prix de 50 fr. les 100 kilos, et un moniteur, M. Gavanon, pour commencer les applications. Environ 15 000 ceps furent opérés en trois traitements : le premier en juin, le second à la fin de juillet et le troisième en novembre.

Chaque cep était entouré de quatre trous en coordonnées rectangulaires distants de lui (pris comme origine), de $0^m,35$ et profonds de $0^m,40$.

L'injecteur, réglable à volonté, déposait au fond 7 gr. de sulfure de carbone. Le cep recevait donc la moitié des émanations de chacune de ces quatre doses, ou 14 gr.

Un cep occupe dans le Loiret environ 64 décimètres carrés de terre; on voit qu'il est soumis à l'influence d'une dose de 21 gr. de sulfure de carbone administrée par mètre carré et par traitement, ou 63 gr. pour les trois traitements.

La dépense de matière était de 210 kilos par hectare de traitement simple représentant 105 fr.

Le prix de la main-d'œuvre variait suivant le sol, de 70 à 100 fr. Prenons la moyenne de 85 fr. L'hectare de traitement simple couait donc $105 + 85 = 190$ fr.; et les trois traitements 570 fr. Les conclusions sur les effets produits sont celles que nous avons données plus haut.

En 1878, on n'a traité que 10 000 ceps anciens ou nouveaux par ce procédé. Deux applications seulement, mais réitérées au bout de huit jours et aux mêmes doses, ont été faites.

L'effet insecticide a été plus énergique et le coût par hectare moins élevé, ou de 380 fr. seulement.

En 1879, le traitement a été plus étendu à cause des heureux résultats précédemment obtenus.

Environ 47 700 ceps ont été traités, comme en 1878, ce qui représente une surface approximative de 3 hectares 43 ares.

En juillet les effets du traitement paraissent confirmer les précédents ; les insectes sont peu nombreux et la vigne se régénère. Celle qui en est à sa troisième année d'application semble rétablie sur les points où elle n'était qu'à la 1re ou 2e phase de la maladie. Au contraire, la vigne traitée à la 3e phase n'a pu produire de chevelu et ne peut se reconstituer, excepté là où les propriétaires ont appliqué des engrais.

C'est une belle démonstration de l'alliance indispensable du sulfure de carbone et des agents fertilisateurs dans le traitement des vignes.

Malheureusement le comité est dans l'impossibilité de faire la dépense d'engrais à cause de ses ressources limitées. Il ne peut agir que par voie de conseils auprès des propriétaires. La plupart

des vignes étant à la 3e année du traitement, la dépense totale est jusqu'à ce jour, par hectare, trois fois celle faite dans une année.

b) Sulfocarbonate de potassium. — Le surfure de carbone est un toxique puissant, mais qui a des inconvénients. Il tue la vigne à haute dose et ne lui donne pas, après l'avoir débarrassée de l'insecte, l'engrais qui lui est nécessaire pour reconstituer un nouveau système radiculaire.

L'idéal serait de le retenir dans une combinaison pour ne le laisser s'évaporer que lentement et au fur et à mesure qu'il infecterait tout le milieu ambiant.

Dès 1874 M. Dumas avait résolu ce problème, au sujet duquel il s'exprima ainsi dans la séance de l'Académie des sciences du 8 juin de la même année : « Il m'a semblé, dit M. Dumas, qu'on pouvait trouver une substance chimique propre à favoriser la végétation de la vigne phylloxérée et capable de fournir peu à peu le poison au phylloxera. Les sulfocarbonates de potassium et de sodium sont dans ce cas. »

C'est à la station viticole de Cognac, dont la fondation est due à l'initiative privée du haut commerce de cette ville, que l'expérimentation des sulfocarbonates a été faite par MM. Max Cornu et Mouillefert, délégués de l'Académie des sciences. M. Mouillefert commença les premières expériences dès le 21 août 1874.

Il a publié sur ces sels des travaux remarquables, insérés dans les comptes rendus de l'Académie, dans les mémoires des savants étrangers et dans des brochures spéciales, dont les conclusions sont les suivantes :

« 1° Les sulfocarbonates détruisent le phylloxera, cause de la maladie de la vigne, partout où leur solution passe ; 2° ils favorisent la reconstitution du système radiculaire et concourent à la nutrition de la plante par la potasse qui résulte de la décomposition du sel (suivant M. Dumas, 100 kilog. de sulfocarbonate de potassium à 40° Baumé contiennent environ 30 kilog. de sulfate de potasse) ; 3° *ils peuvent non seulement détruire le phylloxera, mais encore faire vivre une vigne phylloxérée, la maintenir en état de fructification et même la rétablir après les plus grands ravages causés par la maladie.* »

Il faut donc conclure, avec le savant professeur, que l'efficacité du remède de M. Dumas est certaine. Mais pour tirer le meilleur

parti de l'insecticide il importe de ne pas traiter des vignes trop affaiblies.

Au début de la maladie un traitement annuel sera suffisant pour maintenir la plante en état de production. La meilleure époque où on en fera l'application est du mois de mai à la première quinzaine de juillet.

Le sulfocarbonate est appliqué au badigeonnage de la partie aérienne ou au traitement des racines.

Le badigeonnage, qui vise particulièrement la destruction de l'œuf d'hiver, est opéré avec une solution de parties égales d'eau et de sulfocarbonate à 40° Baumé.

Quant au traitement des racines, il peut avoir lieu de plusieurs manières, savoir :

1° En plaçant les sulfocarbonates dans des trous faits dans le sol au moyen d'un pieu ou pal en fer (Mézel);

2° En se servant d'appareils injecteurs distributeurs (Gueyraud);

3° En les répandant dans la couche arable avec un semoir, une charrue, etc. (Morissonneau) ;

4° En les mélangeant avec diverses substances (Boutin) ;

5° En les mélangeant dans une proportion convenable d'eau qui leur sert de véhicule (Mouillefert).

C'est le dernier mode d'application qui a donné les meilleurs résultats à M. Mouillefert.

« Que le sol soit pierreux, poreux, argileux, si la quantité de liquide dont on étend le sulfocarbonate est suffisante, la diffusion de cet agent peut toujours être parfaite. »

Ce procédé a soulevé diverses critiques, souvent partiales et peu bienveillantes; mais le seul reproche sérieux qu'on pouvait lui adresser était la difficulté d'avoir, à toutes distances et à toutes altitudes, la quantité d'eau nécessaire.

Aujourd'hui le reproche n'existe plus, grâce aux appareils inventés par MM. Mouillefert et Humbert, dont le système mécanique se compose :

1° D'un moteur; 2° d'une pompe aspirante et élévatoire et de ses accumulateurs ou réservoirs à air comprimé; 3° d'une canalisation métallique d'amenée dont un ouvrier peut mettre en place 3 kilomètres en 10 heures; 4° d'une canalisation secondaire en toile ou en caoutchouc, greffée sur la première, permettant de distribuer le liquide dans toutes les parties du vignoble.

En 1879, 845 hectares de vignes ont été traités en trois mois. Lesdits appareils ont envoyé l'eau à des distances maxima de 2 000 mètres et des altitudes de 150 mètres. Le prix moyen du sulfocarbonate n'a pas dépassé, dans ces conditions, 234 francs l'hectare; et tout fait espérer que ce n'est pas le dernier mot de la question économique. Ajoutons, du reste, qu'on a appliqué environ 300 kilog. de sulfocarbonate de potassium qui donnent au sol une fumure en potasse de la valeur de 50 francs au moins.

Nous avons dit pourquoi le comité du Loiret a été mis dans l'impossibilité de faire l'application de ce mode de traitement.

Il n'a pas voulu cependant que l'opposition obstinée des propriétaires lui empêchât de connaître à son tour la valeur insecticide des sulfocarbonates; et il fut heureux de recevoir l'offre d'un pal distributeur que vint lui faire M. Gueyraud appuyé par une lettre de M. Dumas.

L'instrument était d'un prix minime, et aujourd'hui, après les nouveaux perfectionnements qu'il a subis, il est d'un emploi facile.

C'est, comme le pal Gastine, une pompe foulante munie d'un perforateur destiné à porter l'insecticide à la profondeur des racines.

Le sulfocarbonate est mélangé à 2 ou 3 fois son volume d'eau, puis placé dans le réservoir de l'instrument et distribué au fond de quatre trous pratiqués autour du cep à $0^m,35$ de distance et à $0^m,40$ de profondeur.

En 1877 on a opéré ainsi 14 974 ceps par trois traitements : l'un en juin, l'autre en août et le troisième en novembre. Conclusion du comité :

« Les études faites sur les vignes traitées ont conduit à des constatations encourageantes. »

En 1878, le comité étendit alors ses expériences et 57 000 ceps furent opérés de la même manière que l'année précédente. Le premier traitement eut lieu en avril, le second quinze jours après et le troisième en juin-juillet. Conclusion du comité :

« A diverses reprises des sondages ont été opérés : ils ont révélé, non pas sans doute la disparition absolue de l'insecte, mais une diminution encore plus considérable que l'an dernier et qui autorise de sérieuses espérances [1]. »

1. Rapport du comité au Conseil général.

En 1879, le comité a traité avec le procédé 36 700 ceps, soit environ 2 hectares, 85 ares.

Les conclusions sont : 1° que les vignes *nouvellement traitées*, même à deux et trois traitements, à deux et trois coups de piston par trou, ont de nombreux phylloxeras ; 2° que les vignes à la 2e et 3e année de traitement, dans les mêmes conditions, *portent peu d'insectes et reconstituent leur système radiculaire*. Mais ces résultats sont obtenus annuellement aux conditions suivantes : Un seul traitement à deux coups de piston avec solution au 1/3 de matière donne 50 grammes de sulfocarbonate par mètre carré et 500 kilog. à l'hectare, et il revient à 345 francs — effet insensible ; deux traitements à deux coups de piston avec même solution exigent le double de main-d'œuvre et de matière et coûtent 690 francs — effet sensible ; deux traitements à trois coups de piston avec solution au 1/4 de matière donnent 112 grammes par mètre carré et 1120 kilog. de sulfocarbonate par hectare, et le coût est de 750 francs l'hectare — les vignes se régénèrent ; trois traitements à deux coups de piston dans les mêmes conditions donnent encore 1120 kilog. de sulfocarbonate et coûtent 945 francs — très peu d'insectes et belle végétation.

Ajoutons que depuis trois ans ces traitements ont été appliqués à certaines vignes, et que, conséquemment, la dépense a été trois fois plus grande pour obtenir le résultat que nous avons rapporté.

En résumé, les deux insecticides ont été employés dans le Loiret :

En 1877, le sulfure de carbone sur 15 158 ceps ;
— le sulfocarbonate de potassium sur 14 974 ceps ;
En 1878, le sulfure de carbone sur 10 000 ceps ;
— le sulfocarbonate de potassium sur 57 700 ceps ;
En 1879, le sulfure de carbone sur 47 700 ceps,
— le sulfocarbonate de potassium sur 39 700 ceps.

Le prix de revient a varié de 380 à 570 francs par hectare traité annuellement au sulfure de carbone ; tandis que le coût d'un hectare traité dans l'année au sulfocarbonate est compris entre 345 et 945 francs.

Les résultats obtenus sont :

1° Par le sulfure de carbone, un arrêt du développement des taches, une destruction presque complète du phylloxera, mais une reconstitution lente du système radiculaire de la vigne, d'où la nécessité d'employer concurremment des engrais ;

2° Par le sulfocarbonate de potassium, *appliqué au pal Gueyraud*, un arrêt aussi dans le développement des taches lorsqu'il est appliqué d'une manière prolongée à haute dose (malheureusement non économique), et reconstitution du système radiculaire. Au contraire, lorsqu'il est employé à faible dose, par le même pal, il ne détruit pas l'insecte en quantité suffisante, surtout dans les premières applications.

SUR UN PROCÉDÉ NOUVEAU D'EXTRACTION DU SUCRE DES MÉLASSES

PAR

M. U. GAYON

On possède actuellement de nombreux procédés d'extraction du sucre des mélasses ; je me propose néanmoins d'appeler l'attention sur un procédé nouveau, qui est la conséquence logique des lois connues de la fermentation alcoolique, et que j'ai déjà fait pressentir dans une note présentée à l'Académie des sciences le 9 septembre 1878.

Le procédé dont il s'agit a pour base la destruction du glucose de la mélasse pár la fermentation; le sucre reste inaltéré et s'obtient par une cristallisation ultérieure. Le ferment employé est une moisissure, le *Mucor circinelloïdes*, dont je vais tout d'abord indiquer la préparation et le mode d'action.

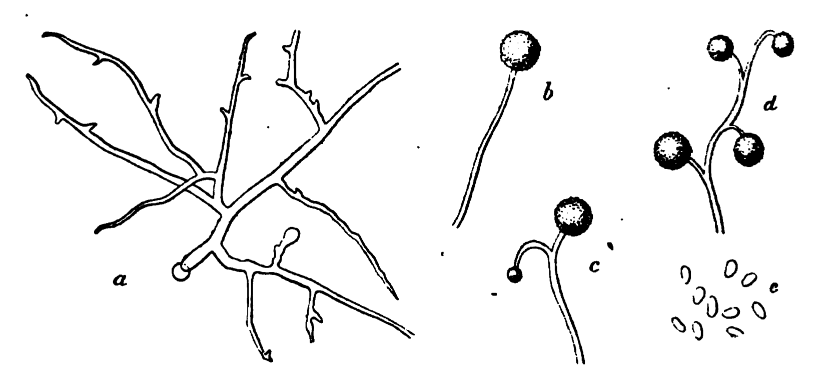
I. — Origine et préparation du ferment.

Le *Mucor circinelloïdes* est une Mucorinée assez commune, que M. Van Tieghem a trouvée sur du crottin de cheval, et qu'il a, le premier, décrite et caractérisée [1]. Je l'ai rencontré moi-même dans un échantillon de sucre brut de canne ayant fermenté spontanément [2].

1. Annales des Sciences naturelles. Botanique, 6e série, t. I, p. 94 du mémoire, et t. IV, p. 326.
2. Voir mon mémoire : *de la Fermentation alcoolique avec le Mucor circinelloïdes* (*Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XIV; 1878.

Ce Mucor présente les caractères suivants :

Au contact de l'air libre, et sur un liquide nutritif, il végète abondamment et offre, à l'œil nu, quand il est fructifié, un aspect d'un gris velouté; examiné au microscope, il se décompose en un mycélium unicellulaire, caractéristique des Mucors, et en filaments fructifères portant à leurs extrémités de petites grappes de quatre, cinq ou six sporanges, dont les diamètres vont en diminuant de la base au sommet. Si l'on suit avec soin la formation de ces organes de reproduction, on voit chaque filament fructifère naître d'un point du mycélium, et se terminer par un sporange grisâtre, de forme sphérique ; puis, sur chacun de ces filaments apparaît une branche nouvelle terminée elle aussi par un sporange qui rejette le précédent sur le côté; une troisième génération de sporanges rejette la deuxième sur le côté opposé à la première, et ainsi de suite plusieurs fois, jusqu'à la formation de la grappe complète.

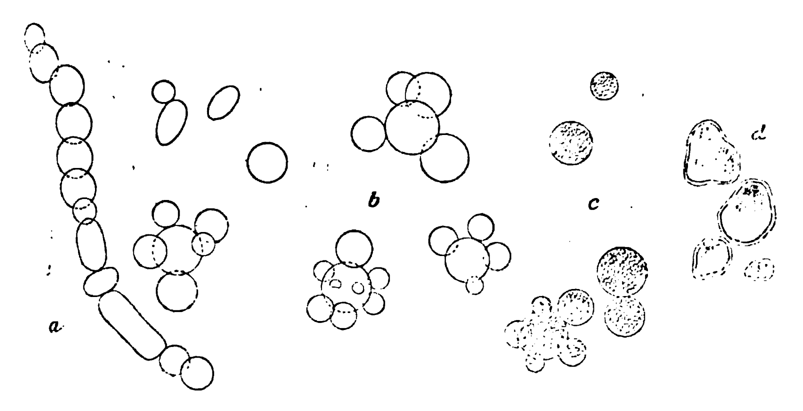


a. Mycélium unicellulaire du *Mucor circinelloïdes;*
b. Filament fructifère terminé par le premier sporange ;
c. Id. id. avec un sporange de 2e génération ;
d. Grappe complète de sporanges;
e. Spores elliptiques du Mucor. G. $\frac{450}{1}$

Les sporanges sont incrustés de petites aiguilles cristallines et remplis de spores elliptiques de 4 à 5 millièmes de millimètre de longueur sur 2 à 3 de largeur (fig. 1).

Semé dans du moût de bière, avec une atmosphère limitée, le *Mucor circinelloïdes* donne d'abord un mycélium normal, à la faveur de l'oxygène dissous ; puis les tubes déliés de ce mycélium se renflent,

se cloisonnent et se terminent par de grosses cellules sphériques de 20 à 25 millièmes de millimètre de diamètre. Celles-ci se détachent ensuite et tombent au fond du vase, où elles constituent une véritable levûre qui se reproduit par bourgeonnement, sous la forme sphérique, tant qu'elle est privée d'oxygène libre. Les bourgeons naissent en grand nombre, mais en des points irrégulièrement distribués à la surface des cellules-mères; il n'est pas rare d'en compter six ou huit de dimensions et d'âges différents. Dans les jeunes, le protoplasma est transparent et homogène; dans les plus âgés, il est granuleux et creusé de nombreuses vacuoles sphériques, petites et serrées, qui ont l'aspect de spores. Cette sporulation n'est qu'apparente, car si l'on brise l'enveloppe des cellules par pression sur la lamelle, pendant l'observation microscopique, on voit le contenu diffluer en fines granulations et les vacuoles disparaître complètement. Plus tard, le protoplasma jaunit et s'épaissit; les cellules se déforment et se rident, comme il arrive avec des filaments de mycélium ou des globules de levûre qui séjournent longtemps au contact d'un liquide devenu impropre à leur développement.



a. Tube de mycélium renflé et se cloisonnant, en voie de former des cellules-ferment.
b. Cellules de ferment isolées et bourgeonnantes, avec l'aspect d'une grande jeunesse.
c. Cellules un peu plus âgées, avec vacuoles.
d. Cellules vieilles et ridées, à protoplasma granuleux.

Les cellules-ferment du Mucor, représentées figure 2, ne peuvent point être confondues avec des cellules de levûre de bière ou *Saccharomyces*, car, même après une longue suite de générations à l'état sphérique, elles reproduisent le mycélium normal dès qu'on les replace dans des liquides très aérés.

Le *Mucor circinelloïdes* est généralement associé à d'autres organismes, tels que moisissures, levûres alcooliques, torulacées, bactéries ou vibrions, dont il importe de le débarrasser, pour l'usage auquel il est destiné.

C'est une opération parfois longue et pénible, pour laquelle il est impossible de donner des règles générales et précises. Les lignes suivantes de M. Pasteur expliquent la difficulté de telles recherches :

« L'association fortuite de productions diverses dans des cultures qu'on peut croire uniques et indépendantes constitue une des principales difficultés de l'étude des organismes inférieurs, principalement des moisissures. Les germes de beaucoup de ces petits êtres se trouvant dans l'atmosphère sous forme de poussières invisibles à l'œil nu ou répandues à la surface des matières et objets divers qu'on utilise pour les expériences, l'observateur est à chaque instant exposé à interpréter d'une manière erronée les résultats qui passent sous ses yeux. Il a semé une plante, il en suit les développements; à son insu, les spores d'une autre se sont mêlées à ses cultures et ont germé. Comme il l'ignore, il rapporte tout ce qu'il voit, toutes les transformations qu'il décrit et qu'il dessine, toutes les déductions auxquelles il est conduit, à la seule plante qui le préoccupe[1]. »

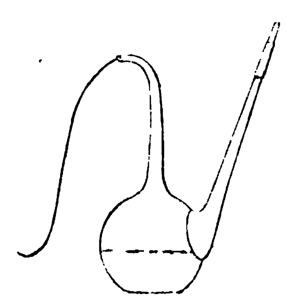
Quoi qu'il en soit, en faisant un choix convenable des liquides nutritifs, de l'atmosphère qui les recouvre, de la température extérieure, en semant chaque fois une très petite quantité de spores cueillies avec soin, et surtout en purifiant par l'ébullition les liquides et les vases de tous les germes nuisibles qu'ils apportent, on arrive en général à isoler un organisme déterminé, à le multiplier et à le conserver à l'état de pureté parfaite. Un observateur habitué à ce genre de recherches peut seul obtenir la pureté; mais il n'est besoin ni de beaucoup de temps, ni de beaucoup de science pour apprendre à multiplier indéfiniment une moisissure ou une levûre pures, sans qu'elles perdent cette précieuse propriété.

M. Pasteur a donné dans ses *Études sur la bière* de nombreux exemples de purification d'organismes microscopiques; parmi les moisissures, il a obtenu le *Penicillium glaucum*, l'*Aspergillus glaucus* et le *Mucor racemosus* à l'état de pureté.

1. *Études sur la bière*, p. 84.

Voici la méthode qui m'a servi à isoler de mon côté le *Mucor circinelloïdes*.

J'ai déjà dit que ce Mucor avait pour origine un sucre brut de canne qui avait fermenté spontanément. Voulant étudier la cause de la fermentation, j'ai dissous une petite quantité de sucre dans de l'eau distillée et versé quelques gouttes de la solution dans un ballon Pasteur à deux cols contenant du moût de bière pur [1] (fig. 3).



Il se développa un mycélium épais qui ne tarda pas à être soulevé par de grosses bulles de gaz, tandis que du fond du ballon partaient une multitude de bulles plus petites, comme il arrive dans une fermentation ordinaire. L'examen microscopique du dépôt ne montra cependant aucune cellule de levûre proprement dite ; il n'y avait que des filaments de Mucor, très renflés, de grosses cellules-

1. Je rappelle ici la façon de préparer un ballon Pasteur et de l'ensemencer avec les précautions nécessaires.

Pour avoir un ballon de moût de bière pur, par exemple, on verse le moût dans le ballon, puis on fait bouillir; la vapeur se dégage d'abord par la tubulure droite; on presse alors légèrement le caoutchouc placé à l'extrémité, et la vapeur sort par la tubulure recourbée et effilée. A ce moment, on ferme le caoutchouc avec une baguette de verre passée dans la flamme à alcool, et on éteint le feu. Le moût refroidi se conserve indéfiniment sans altération.

Pour l'ensemencer, on chauffe à la flamme la tubulure effilée, l'extrémité du caoutchouc et la baguette pleine; puis, à l'aide d'une pince flambée, on cueille quelques spores avec un petit fil de platine également flambé; on enlève le bouchon de verre, et on laisse rapidement tomber le fil de platine dans le ballon; enfin on ferme avec le bouchon passé dans la flamme.

Pour faire une prise dans un ballon et la porter dans un ballon semblable, on se sert d'un tube fin de verre chauffé, qu'on introduit avec les mêmes précautions dans la tubulure droite; on aspire une petite quantité de liquide, et on la porte dans le second ballon, en procédant comme avec le fil de platine.

ferment, avec une grande quantité de cellules ovales, très petites, plus petites que les levûres de bière, isolées les unes des autres, appartenant à ces productions connues sous le nom de *Torulæ*.

Je fis successivement plusieurs ensemencements dans du moût de bière pur, et j'obtins toujours, avec la fermentation, le développement simultané des deux petites plantes. Pour les séparer, je fis usage des remarques suivantes :

On sait que les Torulæ sont des êtres essentiellement aérobies; si donc on sème à la fois dans du moût une moisissure et une Torula, la moisissure, en se développant, fera fermenter le moût; l'acide carbonique dégagé chassera l'air du ballon, et la Torula ne pourra plus se multiplier. En recommençant ainsi plusieurs fois, à la condition de prendre toujours la semence dans des liquides en pleine fermentation, on arrivera, après quelques générations, à éliminer complètement la Torula et à posséder la moisissure tout à fait pure.

En suivant cette marche, et profitant d'ailleurs du fait que les cellules de Torula se développent moins aisément dans le moût de raisin que dans le moût de bière, il m'a suffi de trois cultures rapprochées pour en débarrasser le Mucor.

Dans ce genre de recherches, il ne faut pas se hâter de conclure à une pureté définitive. En voici la preuve : j'ensemençais du moût de raisin, puis j'étudiais le dépôt en le semant dans du moût de bière; le second ballon de moût de bière ainsi obtenu donna une fermentation rapide, et l'examen microscopique, fait alors avec grand soin, ne montra que de grosses cellules de la moisissure ferment, sans trace de Torula. Mais, trois semaines après, la fermentation étant achevée depuis quelques jours, le dépôt, de couleur brune, se recouvrit d'une couche grisâtre formée exclusivement de globules de Torula. Ainsi, les quelques cellules que j'avais dû semer en même temps que le Mucor ne s'étaient multipliées qu'après la diffusion de l'acide carbonique et l'entrée de l'air extérieur par le tube effilé du ballon. La troisième culture dans le moût de bière resta au contraire toujours pure. Depuis cette époque, juin 1876, c'est-à-dire durant plus de trois années, j'ai utilisé le *Mucor circinelloïdes* pour de nombreuses expériences, et il n'a point perdu son caractère de pureté absolue.

II. Mode d'action du ferment.

J'ai étudié le ferment de *Mucor circinelloïdes* avec les différents sucres, et je suis arrivé à ce résultat curieux et inattendu, qu'il provoque la fermentation alcoolique du glucose et des composés analogues, tandis qu'il laisse intact le sucre de canne.

1° *Glucose et lévulose.* — Si l'on n'ensemençait une dissolution de glucose dans l'eau pure qu'avec quelques cellules de ferment, celles-ci, ne trouvant pas les matières albuminoïdes et minérales nécessaires à leur nutrition, ne pourraient pas se développer. Il faut donc commencer par accumuler du ferment, de façon que les matériaux d'une partie servent au développement de l'autre partie. Cette production de levûre a été faite par des fermentations successives de moût de bière dans des ballons Pasteur à deux cols; le dépôt a été ensuite lavé et mis avec les liquides sucrés.

Voici d'ailleurs la série des opérations :

Le 24 mars, je prépare trois ballons contenant chacun 150 centimètres cubes de moût de bière pur, et j'y sème du ferment de Mucor.

Le 5 juin, la fermentation est achevée depuis longtemps ; la bière est décantée et remplacée par 150 centimètres cubes de moût de bière pur. La manipulation se fait avec toute la sécurité nécessaire de la manière suivante : pour décanter la bière, on incline le ballon du côté de la tubulure droite; on retire le bouchon de verre et l'on chauffe la tubulure effilée pendant que le liquide s'écoule; pour remplacer la bière par du moût, on introduit dans le caoutchouc du ballon précédent l'extrémité flambée de la tubulure droite d'un autre ballon déjà plein de moût; on verse le liquide, tout en chauffant le tube effilé par où pénètre l'air extérieur; ensuite on retire le dernier ballon, et l'on ferme le premier avec le bouchon de verre chauffé.

Le 21, la bière, encore en fermentation, est remplacée par 150 centimètres cubes de nouveau moût de bière.

Le 27, la fermentation est très active et la levûre très jeune et bien bourgeonnée. Je décante alors la bière et je la remplace par 150 centimètres cubes d'eau distillée pure, dans le but d'enlever toutes traces de matières sucrées.

Le 28, la levûre est tassée au fond des trois ballons ; je décante

l'eau et je la remplace respectivement par des dissolutions contenant :

1° 15 grammes de glucose ordinaire du commerce;
2° 15 grammes de glucose du sucre interverti;
3° 15 grammes de lévulose du même sucre interverti.

Les jours suivants, la fermentation s'est établie régulièrement dans les trois ballons.

Le 31 juillet, les liquides fermentés sont distillés et donnent :

Avec le glucose ordinaire..........................	5cc,8	alcool total.
Avec le glucose du sucre interverti................	5cc,2	—
Avec la lévulose...................................	5cc,5	—

Bien que la fermentation parût achevée, il restait encore une portion notable de sucre non décomposé; mais ce résultat s'explique par l'état même des cellules, qui étaient peu bourgeonnées, et dont beaucoup paraissaient épuisées à cause de l'insuffisance des éléments nutritifs.

2° *Moût de bière et moût de raisin.* — *a.* Le 10 juillet, j'ensemence un ballon à deux cols contenant 150 centimètres cubes de moût de bière pur.

Le 11, la moisissure a végété en mycélium, il ne se dégage encore aucune bulle de gaz.

Le 12, quelques îlots de mousse fine à la surface du liquide ; le volume du mycélium ne s'est pas accru.

Les jours suivants la mousse augmente, ainsi que le dépôt du ferment, puis la fermentation se ralentit.

Le 18 août, la fermentation est finie, on décante la bière et l'on obtient, par distillation, 5cc.,1 d'alcool pour 100 centimètres cubes du liquide.

b. Le 4 juillet, ensemencement d'un ballon à deux cols contenant du moût de raisin.

Le 7, le mycélium qui s'est formé dans la masse du liquide est soulevé et soutenu à la surface par de grosses bulles de gaz ; la fermentation est bien établie.

Le 1er août, la fermentation est achevée; on obtient 4cc.,5 pour 100 d'alcool.

Ces deux exemples suffisent pour montrer que du moût de bière et du moût de raisin, c'est-à-dire des solutions de matières sucrées analogues au glucose, mais riches en éléments nutritifs, fermentent avec la plus grande facilité sous l'action du *Mucor circinelloïdes.*

La proportion d'alcool est remarquable; elle est comparable à celle que fournit la levûre de bière. Voici, en effet, ce qu'ont donné deux fermentations parallèles d'un même moût de bière, faites l'une avec du ferment de Mucor, l'autre avec de la levûre de bière pure :

	Alcool.
Avec le *Mucor circinelloides*	4gr,1 p. 100.
Avec la *levûre de bière*	4gr,4

Ainsi donc, le Mucor dont il s'agit peut être considéré comme un ferment très actif, et être employé, comme la levûre de bière, à produire la fermentation des moûts sucrés les plus connus. La bière qu'il donne a un léger goût de prunes, mais elle est néanmoins agréable; et, ce qui peut être un avantage précieux pour la brasserie, elle n'est jamais trouble, si le moût lui-même était limpide. Ce fait tient à ce que le dépôt formé pendant la fermentation se tasse au fond des vases, et n'est pas soulevé par les bulles qui se dégagent.

3° *Sucre de canne.* — Je vais démontrer maintenant que le sucre de canne ne fermente pas avec le *Mucor circinelloïdes.*

a. Cette première expérience est faite avec de l'eau sucrée pure.

Je commence par accumuler du ferment à l'aide de trois fermentations successives de moût de bière dans un même ballon.

Le 15 février, je décante la dernière bière pendant qu'elle est en pleine fermentation, et je la remplace par 150 centimètres cubes d'eau distillée pure.

Le 16, je renouvelle l'eau distillée afin de bien laver le dépôt.

Le 17, je décante l'eau distillée, et je fais passer tout le dépôt dans un deuxième ballon contenant 200 centimètres cubes d'eau sucrée pure à 5 p. 100.

Les jours suivants, la moisissure a végété comme d'habitude, c'est-à-dire en formant un mycélium qui pousse au-dessus du fond.

Le 21 mars, après plus d'un mois de contact avec l'eau sucrée, il n'y a pas encore fermentation; le mycélium a simplement continué à croître, et occupe encore la moitié du volume du liquide ; il n'a même pas été soulevé par de grosses bulles. Dans ces conditions cependant, nous avons vu les sucres réducteurs fermenter, et l'on sait que la levûre de bière détermine la fermentation de l'eau sucrée pure.

b. L'expérience, reprise avec de l'eau de levûre sucrée, c'est-à-dire avec un milieu plus nutritif que le précédent, a donné le même résultat.

Le sucre de canne ne fermente donc pas directement. Ce résultat est dû, comme nous allons le prouver, à l'absence d'interversion du sucre.

4° Le Mucor circinelloïdes n'intervertit pas le sucre de canne. — Les expériences précédentes établissent déjà ce fait, car si le sucre avait été interverti, il aurait eu alors la composition du glucose, et nous savons que, dans ce cas, il aurait fermenté. D'ailleurs, de petites quantités de liquide, prises dans les ballons de sucre *a* et *b*, n'ont pas donné de réduction sensible par l'ébullition avec quelques gouttes de liqueur de Fehling.

Pour rendre la démonstration plus probante, j'ai fait passer dans les ballons *a* et *b* de petits fragments de papier recouvert de ferment inversif extrait de l'eau de levûre par le procédé de M. Berthelot; immédiatement la fermentation a commencé et des bulles de gaz se sont dégagées, d'abord de la surface même du papier, puis, successivement, des différents points du liquide au contact du mycélium et du dépôt, à mesure que le ferment soluble, en se dissolvant, déterminait l'inversion du sucre. On a d'ailleurs vérifié plusieurs fois que la solution réduisait le réactif cupropotassique.

Citons encore les expériences suivantes, parce que leur résultat, conforme au précédent, est contraire à des assertions antérieures de M. Béchamp, d'après lequel toutes les moisissures jouissent de la propriété d'intervertir les solutions sucrées [1].

a. Le 19 octobre, je prépare trois ballons A, B, C d'eau de levûre sucrée; dans A et B je fais passer les dépôts, préalablement lavés à l'eau distillée pure, de deux fermentations précédentes; dans C je sème une trace de ce dépôt.

Le 22, mycélium dans les trois ballons, mais pas de fermentation et pas de réduction de la liqueur de Fehling.

Le 23, je fais passer tout le contenu, liquide sucré et dépôt, du ballon A dans une fiole à fond plat d'un litre, préparée comme les ballons à deux cols; l'épaisseur du liquide est de 2 centimètres environ.

Le 28: A, la moisissure a poussé un mycélium abondant et volumineux; l'air a été renouvelé deux fois.

1. *C. R.*, t. XLVI, p. 44; — *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. LIV, p. 42.

B, pas de fermentation, pas de réduction ; j'ajoute un fragment de papier recouvert de ferment inversif.

C, pas de fermentation et pas de réduction.

Le 3 novembre, A, la moisissure a encore augmenté de volume, mais n'a pas fructifié ; on a renouvelé l'air deux fois depuis le 28 octobre ; pas de fermentation ; pas de réduction.

B, fermente avec beaucoup d'activité.

C, pas de fermentation et pas de réduction, bien que le mycélium occupe tout le volume du liquide.

Ainsi, même en renouvelant l'air au-dessus du liquide, de façon à augmenter la force végétative de la moisissure, même lorsque le volume entier du liquide est occupé par les filaments du mycélium le sucre reste intact, sans fermentation, ni interversion, alors qu'il suffit d'une très petite quantité de ferment glucosique pour l'intervertir et le faire fermenter.

b'. L'expérience suivante a été disposée en vue d'amener la fructification de la moisissure.

Le 18 octobre, je verse dans une cuvette de porcelaine, lavée à l'eau bouillante, l'eau de lavage de deux dépôts de Mucor ; cette eau est riche en cellules sphériques.

Le 22, l'eau est restée pure de vibrions et de moisissures étrangères ; je la remplace avec précaution par de l'eau de levûre non sucrée.

Le 26, la moisissure a végété dans la masse du liquide et fructifié sur toute la surface ; elle est restée pure ; je siphonne avec soin l'eau de levûre, et je la remplace par 150 centimètres cubes d'eau de levûre sucrée à 5 pour 100 et purifiée par une ébullition préalable.

Le 27, il n'y a ni fermentation, ni interversion.

Le 28, même résultat.

Le *Mucor circinelloïdes* ne sécrète donc de ferment inversif, ni à l'état de levûre, ni à l'état de mycélium, fructifié ou non.

III. Action du Mucor sur la mélasse.

Nous venons d'établir que le *Mucor circinelloïdes*, contrairement à la levûre de bière, est impuissant à déterminer les fermentations glucosique et alcoolique du sucre de canne, tandis qu'il agit comme toutes les levûres alcooliques sur le glucose et les composés ana-

logues. Si donc on sème de la levûre de Mucor dans une solution nutritive de sucre de canne et de glucose, le glucose fermentera seul et le sucre restera inaltéré, tandis qu'avec de la levûre de bière, tout fermenterait.

Cette conséquence logique des faits se trouve confirmée indirectement par de nouvelles expériences, dont le but était de rechercher la constitution du glucose inactif des mélasses à l'aide de l'observation saccharimétrique. Supposons en effet que l'on soumette à l'action du Mucor des solutions de mélasses contenant, comme on le sait, un mélange de sucre et de glucose, et qu'on les examine au saccharimètre au commencement et à la fin de l'opération; si l'on retrouve sensiblement la même rotation, cela indiquera que la richesse saccharine n'a pas changé. En d'autres termes, on aura prouvé que le sucre n'a pas été modifié. C'est précisément ce qui arrive. Je ne rapporterai pas les observations faites pendant la fermentation, parce qu'elles sont ici sans objet; je dirai seulement qu'elles établissent que le glucose des mélasses, comme celui des sucres bruts, considéré comme une espèce autonome par plusieurs savants, se résout en deux sucres réducteurs de rotations inverses, analogues à ceux qui constituent le sucre interverti proprement dit [1].

1° Une première expérience n'a pas donné de résultat; mais elle a prouvé la nécessité d'ajouter à la solution de mélasse des aliments pour la moisissure. En effet, le 20 mars 1878, je prépare 9 ballons Pasteur à deux cols renfermant chacun 100 centimètres cubes d'une solution de mélasse de canne dans l'eau ordinaire; j'en ensemence quatre avec de la levûre de bière pure et quatre avec de la levûre de Mucor pur; le dernier donne à l'examen :

Rotation........................	38,8 divisions du saccharimètre Laurent.
Glucose........................	9,91 p. 100.

Cette analyse et toutes les suivantes sont rapportées au volume de la solution; mais elles ont été effectuées sur des volumes doubles afin, de permettre l'addition d'une quantité suffisante de sous-acétate de plomb.

Le 30 mars, ni la levûre de bière, ni la moisissure n'ont poussé d'une façon sensible; je mets fin à l'expérience et je la recommence dans de meilleures conditions de nutrition.

1. *C. R.* Séance du 9 septembre 1878.

2° Le 15 avril, l'expérience est reprise en remplaçant l'eau ordinaire par de l'eau de levûre; je prépare aussi neuf ballons, dont un est analysé immédiatement, dont quatre sont ensemencés avec de la levûre de bière et les quatre autres avec de la levûre de Mucor. L'examen du liquide a donné :

Rotation	34,00 à droite.
Glucose	8,00 p. 100.

Le 17, la fermentation est établie dans tous les ballons. A différentes époques, on fait des prises destinées à suivre la marche de la rotation, et l'on constate que celle-ci diminue d'abord avec le Mucor, puis augmente progressivement, à mesure que le glucose est détruit par la fermentation; avec la levûre de bière, la rotation devient rapidement gauche, puis nulle et légèrement droite, pendant que glucose et sucre disparaissent.

L'analyse faite avec la dernière portion du liquide, le 20 mai pour le ballon à levûre, le 13 juin pour le ballon à Mucor, a donné :

	Levûre.	Mucor
Rotation	Faible à droite.	35,20 à droite
Glucose	1,02 p. 100.	0,98 p. 100.

La coloration du liquide a empêché de mesurer avec précision la faible rotation droite de la première solution. Ainsi le sucre fermente et l'action sur la lumière polarisée diminue avec la levûre de bière, le sucre au contraire se conserve et la rotation reprend sensiblement sa valeur primitive avec le Mucor.

Voici encore quelques expériences, faites seulement avec le Mucor, et qui donnent le même résultat :

3° Mélasse de canne de la raffinerie Cossé-Duval, à Nantes.

La fermentation a commencé le 27 avril, et la dernière analyse est du 13 juin suivant :

	27 avril.	13 juin.
Rotation	37,0	36,8
Glucose	8,72 p. 100.	1,15 p. 100.

4° Mélasse de canne de la raffinerie Boutin, à Bordeaux.

L'expérience a duré du 30 mai au 19 juin.

	30 mai.	19 juin.
Rotation	42,1	41,0
Glucose	5,68 p. 100.	0,88 p. 100.

5° Mélasse de betterave de la raffinerie Clerc, au Havre. L'expérience a duré du 9 juin au 1er juillet.

	9 juin.	1er juillet.
Rotation	80,0	78,0
Glucose	6,16 p. 100.	1,70 p. 100.

6° Mélasse de canne fabriquée à la Martinique. L'expérience a duré du 11 au 21 mai.

	11 mai.	21 mai.
Rotation	108,0	118,0
Glucose	4,58 p. 100	0,98 p. 100.

7° Mélasse de canne fabriquée aussi à la Martinique. L'expérience a duré du 20 juillet au 14 octobre.

	20 juillet.	14 octobre.
Rotation	38,0	45,4
Glucose	9,12 p. 100	0,30 p. 100.

Ces deux dernières mélasses avaient subi un léger commencement de fermentation qui explique l'augmentation notable de la rotation à la fin de l'expérience. Mais ce résultat, loin d'infirmer ce que nous voulions démontrer, est, au contraire, une preuve nouvelle que, pendant la fermentation du glucose sous l'action du *Mucor circinelloïdes*, le sucre cristallisable se conserve inaltéré. Et cela se produit avec les mélasses de betterave comme avec les mélasses de canne, avec les mélasses de fabrique comme avec celles de raffinerie.

IV. Procédé d'extraction du sucre des mélasses.

Dans les pages précédentes, nous avons fait connaître le *Mucor circinelloïdes* et son mode d'action sur les différents sucres, en particulier sur le mélange qui constitue les mélasses. Nous allons maintenant donner quelques indications sur le moyen, qui résulte naturellement de notre étude, d'extraire le sucre cristallisable de ces derniers produits. Les opérations, simples et peu nombreuses, se résument ainsi :

1° Dissolution et fermentation de la mélasse ;

2° Distillation du liquide fermenté, et cristallisation du sucre.

1° *Dissolution et fermentation.* Les mélasses sont généralement

trop concentrées pour fermenter directement; il est nécessaire de les diluer dans une certaine quantité d'eau. Pour que la fermentation soit rapide et complète, il importe que la proportion de glucose ne dépasse pas 10 pour cent du poids total de la dissolution. On devra donc commencer par analyser le produit avant son traitement, et par déterminer, à l'aide d'un calcul très simple, le volume d'eau à ajouter, pour que cette condition soit remplie.

Il n'y a pas lieu de s'inquiéter de la présence du sucre cristallisable et de craindre que, mis en excès, il empêche la fermentation; j'ai obtenu, en effet, des résultats très satisfaisants dans des ballons qui contenaient jusqu'à 25 et 30 pour cent de sucre pour 7 et 8 de glucose. Or, dans les mélasses, on ne trouve jamais ces proportions relatives de sucre et de glucose.

La dissolution doit se faire dans une chaudière, à la température de l'ébullition, afin de tuer tous les organismes que renferment d'ordinaire les mélasses, et dont l'effet serait d'intervertir ultérieurement le sucre; le Mucor ferait alors tout fermenter, le sucre aussi bien que le glucose. Les êtres les plus dangereux sont les levûres alcooliques et certaines torulacées; les bactéries paraissent moins nuisibles. Mais, par une ébullition de quelques minutes, toutes ces productions organisées sont détruites, ainsi que leurs germes.

Les précautions à prendre dans la suite des opérations visent toutes le même but : empêcher l'accès d'organismes capables de déterminer l'inversion du sucre. Elles sont, d'ailleurs, faciles pour quiconque est convaincu de leur nécessité.

Pour cette raison, la dissolution de mélasse doit être refroidie autant que possible à l'abri des impuretés de l'air. On peut imaginer plusieurs conditions propres à donner ce résultat, mais la pratique seule indiquera la meilleure. Il sera bon, par exemple, de faire usage d'appareils fermés communiquant avec la chaudière par une tubulure à robinet, et avec l'air extérieur par une tubulure garnie de coton. La solution chaude, en remplissant l'appareil, détruit tous les organismes que celui-ci a pu retenir, puis, pendant le refroidissement, l'air dépose ses germes sur le coton qu'il est obligé de traverser. Un seul appareil suffit pour contenir tout le liquide.

Le moût refroidi sera conduit ensuite dans des récipients à large ouverture, sortes de cuves à fermentation, préalablement lavés à l'eau bouillante ou mieux avec de la vapeur d'eau surchauffée. C'est

là qu'on versera le ferment. Quelques essais indiqueront le degré d'aération nécessaire à son développement.

Pour toutes ces manipulations, le lecteur fera bien de s'inspirer des magnifiques recherches de M. Pasteur et de lire, notamment, le chapitre qui termine ses *Études sur la bière*.

La meilleure manière de mettre en levain est de verser dans le moût le dépôt aéré d'une opération précédente, en employant les doses ordinairement utilisées dans la fermentation des mélasses. Il faut prendre les proportions industrielles pour donner un aliment suffisant au Mucor, et obtenir des fermentations rapides. Le nouveau dépôt, plus abondant que le premier, servira à une opération ultérieure, et ainsi de suite, aussi longtemps qu'il restera pur. Les impuretés seront accusées par l'examen microscopique et par la perte dans le rendement en sucre.

Le poids du ferment formé dans chaque fermentation n'est pas moindre avec le Mucor qu'avec la levûre de bière. Voici, en effet, des nombres obtenus dans des fermentations parallèles de moût de bière, sous le même volume et à la même température :

	I	II
Avec le Mucor circinelloïdes.................	1gr,08	0gr,69
Avec la levûre de bière.....................	1gr,08	0gr,75

La température la plus favorable pour produire une fermentation rapide est de 35 à 40 degrés; mais si l'on craint une perte trop considérable d'alcool par évaporation, on peut sans inconvénient l'abaisser à 20 degrés environ. L'opération sera seulement un peu plus longue.

La nécessité d'éloigner tout ferment inversif devra faire placer les appareils hors des lieux où l'on manipule d'ordinaire la levûre de bière. Par conséquent, il faudra fuir les brasseries, les cuves de vendange, les fabriques de cidre ou d'alcool de grains, etc.

Il peut arriver, malgré ces précautions, qu'après un certain nombre de fermentations, la levûre de Mucor se souille de ferments inversifs. Si cet accident se produit, il faut revenir au Mucor pur, et procéder comme à l'origine de la fabrication. Dans ce cas, on peut, comme cela se pratique souvent en brasserie, faire venir du levain d'une autre fabrique. Mais il vaut mieux recourir à des ballons à deux cols, dans lesquels on devra tenir toujours en réserve du ferment pur. Il suffit, pour cela, de renouveler la semence dans

ces ballons à de longs intervalles, tous les mois par exemple, ou même plus rarement. Des ensemencements plus fréquents sont inutiles, car j'ai constaté que la moisissure est encore vivante après sept mois de séjour dans un liquide fermenté.

Pour préparer une quantité de Mucor utilisable dans une grande cuve de fermentation, en partant d'un ballon Pasteur, il faut faire des fermentations successives dans des appareils de grandeur croissante, préparés avec les précautions déjà indiquées. Le dépôt d'un appareil sert à ensemencer l'appareil suivant. Après deux ou trois opérations, on obtient des centaines de grammes de ferment.

Tout cela suppose cependant que l'on ait un premier ballon de Mucor pur, et l'on ne peut songer, dans l'industrie, à rechercher et à purifier cette moisissure. Mais il suffit que ce travail ait été fait une fois, car, avec un globule de ferment pur, on peut préparer autant de ballons que l'on voudra. Or je possède le Mucor à l'état de pureté, et je le mets à la disposition de quiconque voudra essayer de l'employer sur une grande échelle à l'extraction du sucre des mélasses.

En l'absence du *Mucor circinelloïdes*, existe-t-il d'autres moisissures pouvant donner les mêmes résultats ? Il est vraisemblable que le *Mucor mucedo* ou le *Mucor racemosus* seraient utilisables, car on sait qu'ils font fermenter le moût de bière, quoique avec moins d'intensité que le *Mucor circinelloïdes*. J'ai d'ailleurs démontré que le premier de ces organismes à l'état de pureté ne sécrète pas de ferment inversif[1], et tout fait présumer que cette propriété, qui appartient aussi au *Mucor spinosus*, peut être étendue au *Mucor racemosus*.

2° *Distillation et cristallisation*. Ces deux opérations n'exigent aucune précaution spéciale; elles se font dans les conditions et dans les appareils déjà employés dans l'industrie pour la fabrication de l'alcool ou celle du sucre cristallisable. Il n'y a donc pas lieu d'insister. Remarquons seulement que l'on obtient au moins autant d'alcool et même plus, toutes choses égales d'ailleurs, qu'avec la levûre de bière. Voici, en effet, les nombres de deux fermentations comparatives de sucre candi; tout le sucre avait disparu.

Avec le *Mucor circinelloïdes*....................	49,60	p. 100 de sucre
Avec la *levûre de bière*........................	48,83	—

1. *Loc. cit.*, p. 274.

Je viens de montrer tout le parti que la pratique peut vraisemblablement tirer de l'emploi du *Mucor circinelloïdes* dans l'extraction du sucre des mélasses. Les opérations que j'ai décrites ont parfaitement réussi sur de petites quantités, 2 ou 300 centimètres cubes de dissolution; mais en l'absence de toute tentative d'essai industriel, il est impossible de prévoir le résultat d'une application en grand. Il est permis d'espérer cependant qu'il serait tel que la théorie l'indique. Quoi qu'il en soit, je livre aux industriels le procédé et les observations qui précèdent, avec l'espoir qu'ils y trouveront un perfectionnement véritablement pratique des procédés actuellement connus. En le combinant, par exemple, avec l'osmose, ils arriveraient sans doute à retirer, à l'état cristallin, tout le sucre que le glucose et les sels retiennent dans les mélasses. Mon procédé servirait ainsi de complément naturel à celui de M. Dubrunfaut.

NOUVELLE MÉTHODE POUR ANALYSER AVEC PRÉCISION LES POTASSES DU COMMERCE

PAR

M. B. CORENWINDER
Chimiste agronome à Lille,

ET M. G. CONTAMINE
Chimiste à Lille.

Depuis un petit nombre d'années, grâce aux progrès de la science, certaines opérations commerciales ont acquis une précision qu'elles n'avaient pas autrefois en ce qui concerne la sincérité, l'exactitude des livraisons. On vend aujourd'hui les sucres bruts d'après leur richesse en sucre réel; les potasses en raison de leur teneur en carbonate de potasse. Cette innovation n'est pas sans importance, elle permet d'attribuer aux marchandises leur valeur réelle et de calculer d'avance le profit qu'on peut tirer de leur acquisition.

Ces conventions entraînent nécessairement l'obligation d'avoir recours à des chimistes qui sont chargés de faire les analyses des marchandises. Pour les potasses, ces analyses sont effectuées contradictoirement par deux chimistes choisis, l'un par le vendeur, l'autre par l'acheteur; s'ils ne tombent pas d'accord, on en prend un troisième pour les *départager*.

Ces formalités paraissent bien simples, mais dans la pratique, elles ne laissent pas que de présenter quelques difficultés. Il faut nécessairement, avant tout, préparer un échantillon moyen convenable, afin que les experts puissent opérer sur une matière parfaitement homogène et bien conforme à la marchandise elle-même.

Supposons cette condition remplie, il est rare néanmoins que les analyses effectuées contradictoirement par les deux chimistes experts donnent des résultats parfaitement conformes. Il faut presque toujours avoir recours à un *départage*. Les divergences sont quelquefois considérables, ainsi qu'on peut en juger par les analyses suivantes qui ont été effectuées par trois chimistes différents opérant sur un même échantillon de potasse brute (salins extraits de la mélasse de betteraves).

	A	B	C
Carbonate de potasse	32.38	31.86	34.73
Carbonate de soude	14.85	14.69	13.12
Chlorure de potassium	15.80	14.97	16.20
Sulfate de potasse	19.24	20.00	18.04
Insoluble	14.30	13.78	14.42
Eau	3.43	4.70	3.49
	100.00	100.00	100.00

Analyses d'un autre échantillon par les mêmes :

Carbonate de potasse	30.00	29.39	32.20
Carbonate de soude	14.51	15.74	13.80
Chlorure de potassium	16.50	15.88	16.60
Sulfate de potasse	22.90	23.71	21.80
Insoluble	11.90	12.06	11.30
Eau	4.19	3.22	4.30
	100.00	100.00	100.00[1]

En examinant ces analyses on remarque, en ce qui concerne le carbonate de potasse, qu'il se présente entre les chiffres obtenus par le chimiste C et ceux de son collègue B des différences de près de 3 p. 100. Or la richesse des salins en carbonate de potasse sert de base aux marchés contractés sur cette marchandise, tous les autres sels n'entrent pas en ligne de compte. Ainsi, par exemple, si le cours est de 0f.50 le kilo de carbonate de potasse, le premier échantillon vaudrait aux 100 kilos :

1. A première vue on pourrait croire que ces analyses sont d'une exactitude absolue, puisque pour elles toutes, l'addition des chiffres donne le nombre 100. Il ne faut pas se fier à ce degré de perfection apparente.

D'après le chimiste C	17.36
D'après le chimiste B	15.93
Différence	1.43

Soit pour un marché de 100,000 kilos une différence de francs 1430, ce qui est considérable, surtout si l'on envisage que l'acheteur ou le vendeur est exposé à perdre une partie de cette somme d'une façon tout à fait injuste.

En examinant les chiffres de ces analyses, on reconnaît que ce n'est pas seulement le dosage du carbonate de potasse qui présente des différences notables, mais que les trois chimistes n'ont pas été d'accord non plus sur le chiffre du sulfate de potasse, ni sur celui du chlorure de potassium, sels dont la détermination, tout le monde le sait, n'offre cependant aucune difficulté et peut s'opérer avec exactitude.

En ce qui concerne ces deux dernières substances salines, les divergences entre les chiffres accusés par les chimistes sont si prononcées, qu'on est disposé à croire que les échantillons qui leur ont été remis n'étaient pas absolument homogènes. Cependant il se présente quelquefois dans la détermination des sulfates et des chlorures des cas où il faut user de certaines précautions.

Ces cas sont applicables en particulier aux salins bruts issus des betteraves. En effet, ces salins renferment souvent un peu de sulfure alcalin qui prend naissance pendant la calcination des vinasses, surtout lorsque cette opération n'est pas bien conduite.

Certains chimistes ne tiennent pas compte de ce sulfure, d'autres le transforment en sulfate [1].

On conçoit donc que la proportion de ce dernier sel doive varier un peu dans l'analyse, selon qu'on prend ou qu'on néglige cette précaution.

La présence du soufre dans la dissolution du salin peut influencer aussi le titre du chlorure de potassium. Si, comme on le fait souvent, on se borne à rendre la prise d'essai neutre en la saturant exactement avec de l'acide nitrique, pour doser ensuite le chlore avec une solution titrée de nitrate d'argent en présence de quelques gouttes de chromate neutre de potasse, on s'expose à précipiter en même temps que le chlorure d'argent un peu de sulfure d'argent qui

1. Cette transformation peut se faire, en ce cas, en chauffant le liquide acidifié avec une pincée de chlorate de potasse.

fausse le résultat de l'analyse. Pour éviter cet inconvénient, il faut, avant de verser le nitrate d'argent, chauffer doucement le liquide avec un léger excès d'acide nitrique et saturer celui-ci par de la magnésie.

Il nous paraît préférable d'opérer le dosage du chlore par la méthode ordinaire, c'est-à-dire : acidifier par de l'acide nitrique, chauffer au bain d'eau, ajouter le nitrate d'argent, agiter fortement, puis recueillir et peser le chlorure d'argent après l'avoir fondu.

D'après la manière dont on interprète les éléments d'une analyse de potasse du commerce, les divergences dans les dosages du chlore et de l'acide sulfurique entraînent nécessairement des inexactitudes dans le titre du carbonate de potasse. En effet, le chlore est compté à l'état de chlorure de potassium, l'acide sulfurique est exprimé en sulfate de potasse. On dose ensuite la potasse totale, on déduit de celle-ci les proportions du même alçali qui sont engagées dans les combinaisons précédentes, et on calcule la différence en carbonate de potasse. Faisant ensuite le titre alcalimétrique de la dissolution, il est facile de calculer le carbonate de soude.

Les dosages du chlorure de potassium et du sulfate de potasse ne présentant aucune difficulté, nous ne nous y arrèterons pas davantage. Tous les chimistes doivent s'accorder sur ces points, à moins qu'ils ne négligent les précautions nécessaires ou que les échantillons ne soient pas suffisamment homogènes.

La détermination de la potasse totale n'est pas aussi facile. Les résultats que l'on obtient varient suivant la manière d'opérer. Aussi nous a-t-il paru nécessaire de choisir, pour la recherche de cette base, une méthode qui soit affranchie de toutes les causes d'erreurs qui accompagnent les procédés suivis actuellement pour faire cette recherche.

Ce sera le sujet principal de ce mémoire.

On sait que généralement la potasse se dose de la façon suivante : Après avoir rendu franchement acide par l'acide chlorhydrique le liquide dans lequel on veut déterminer cette base, on y ajoute un excès de bichlorure de platine en dissolution, puis on évapore lentement au bain-marie jusqu'à ce que la masse soit à peu près desséchée. On fait digérer celle-ci avec un mélange d'alcool à 95° et d'éther (9 parties d'alcool, 1 d'éther) et on lave avec le même liquide. On obtiendrait ainsi le chloroplatinate dans un état de pureté complet, s'il ne préexistait pas le plus souvent dans la dissolution d'autres corps pouvant former des composés insolubles dans l'alcool ; le poids du

chloroplatinate de potasse ferait connaître celui de la potasse totale.

En réalité, l'opération est rarement aussi simple. Les salins de betteraves, notamment, renferment de l'acide sulfurique, de l'acide phosphorique, de la silice, etc., qui lorsque la potasse s'est combinée avec le bichlorure de platine, sont de nature à former avec la soude (qui existe également dans ces salins) des combinaisons que l'alcool précipite et qui viennent altérer la pureté du chloroplatinate de potasse. En ce qui concerne l'acide sulfurique, cet inconvénient est connu depuis longtemps : aussi les chimistes ont-ils généralement la précaution de séparer cet acide par le chlorure de baryum, avant de traiter le liquide par le bichlorure de platine. On opère généralement de la manière suivante :

On commence par doser l'acide sulfurique contenu dans la dissolution pour en déduire le sulfate de potasse. Cette notion acquise, on ajoute un excès d'acide chlorhydrique dans un volume de liquide déterminé, puis avec une burette graduée, on y verse du chlorure de baryum titré, en quantité nécessaire pour séparer complètement l'acide sulfurique dont on a pu calculer la proportion d'avance. Le sulfate de baryte étant séparé, on prend la moitié de ce liquide pour doser la potasse totale qu'il renferme.

En opérant avec soin, on se débarrasse ainsi de l'acide sulfurique, mais il peut rester dans la dissolution : de la silice, du phosphate alcalin, lesquels, si l'on n'a pas soin de les éliminer, troublent les résultats de l'analyse, ainsi que nous allons le démontrer dans la suite.

Il existe, il est vrai, d'autres méthodes qui permettent de séparer en même temps l'acide sulfurique et l'acide phosphorique. On peut, par exemple, traiter la dissolution primitive par une quantité suffisante d'eau de baryte qui s'empare de tous les acides, et se débarrasser de l'excès de baryte par l'acide carbonique; mais ce procédé est long, et, ainsi que nous nous en sommes assurés, il ne donne pas des résultats satisfaisants.

La séparation préalable des phosphates est surtout nécessaire quand on fait l'analyse de la potasse raffinée extraite des salins de betteraves, laquelle, d'après nos opérations, peut contenir jusqu'à 1,52 p. 100 d'acide phosphorique à l'état de combinaison soluble. Si l'on n'a pas la précaution d'éliminer cet acide de la dissolution avant d'y verser du bichlorure de platine, il est fixé par l'alcool à l'état de phosphate de soude, en même temps que le chloroplatinate de

potasse, et le poids de celui-ci donne des résultats plus ou moins exagérés.

La présence éventuelle de la silice nuit également à la précision de l'analyse. En procédant par la méthode ordinaire, il faut absolument s'en débarrasser, car, ainsi que nous le verrons plus loin, le chloroplatinate de potasse en renferme souvent une quantité appréciable. Or la séparation de la silice est une opération assez longue, elle entraîne l'obligation d'évaporer la dissolution à sec après l'avoir rendue acide, de reprendre par l'eau et de filtrer pour obtenir un liquide clair dans lequel on verse ensuite le bichlorure de platine.

Ces exemples prouvent que les chimistes qui, dans ces opérations, se contentent de séparer l'acide sulfurique par le chlorure de baryum, s'exposent à commettre des erreurs plus ou moins sensibles, s'ils prennent pour base d'évaluation le poids du chloroplatinate de potasse. Il n'est pas douteux qu'on ne peut obtenir une analyse exacte, si on ne se préoccupe pas d'écarter les causes qui engendrent ces erreurs.

Toutes ces imperfections dans la méthode usitée nous ont engagés à nous occuper de cet important sujet. Après de nombreuses recherches, nous croyons avoir trouvé un procédé d'analyse applicable notamment aux potasses du commerce, lequel, nous l'espérons, sera de nature à donner satisfaction aux personnes qui font le négoce de ces marchandises.

Nous allons décrire ce procédé, mais auparavant il importe de donner connaissance des expériences que nous avons poursuivies pour juger du degré de perfection dont il est susceptible.

En général, quel que soit l'état sous lequel la potasse existe dans une dissolution, elle se combinera toujours en totalité avec le bichlorure de platine, à condition que celui-ci soit employé en quantité suffisante et que l'opération soit bien conduite.

Que l'on prenne, par exemple, du sulfate de potasse pur. Si, après l'avoir fait dissoudre dans l'eau, on y ajoute de l'acide chlorhydrique, du bichlorure de platine, et qu'on opère ensuite comme d'habitude : la totalité de la potasse se retrouve dans le chloroplatinate de potasse ; l'acide sulfurique reste dans la solution alcoolique.

Mais si le sulfate de potasse est mélangé avec un autre sel, du chlorure de sodium, par exemple, le dosage de la potasse n'est plus possible, lorsqu'on se borne à peser le chloroplatinate de potasse obtenu.

Ainsi, nous avons fait un mélange de :

Sulfate de potasse pur	1gr
Chlorure de sodium (un équivalent)	0gr,67

On a dissous dans l'eau et complété un décilitre, puis l'on a prélevé 20 cent. cubes de la dissolution qui contenait conséquemment 0 gr. 2 de sulfate de potasse.

Cette prise d'essai a été traitée directement, sans précautions préalables, par l'acide chlorhydrique et le bichlorure de platine ; on a opéré comme d'habitude et on a trouvé :

Chloroplatinate de potasse	0gr,720

En calculant le poids de ce sel correspondant à 0 gr. 2 de sulfate de potasse, on voit qu'on n'aurait dû obtenir que :

Chloroplatinate de potasse	0gr,559
Différence en plus	0gr,161

Examinant ce chloroplatinate impur, nous nous aperçûmes qu'il était mélangé de sulfate de soude qui avait été précipité par l'alcool.

Nous procédâmes à une nouvelle analyse semblable, et pour vérifier si toute la potasse était entraînée par le bichlorure de platine, nous avons calciné le chloroplatinate impur en présence d'un peu d'acide oxalique ; le résidu a été lavé à l'eau bouillante, séché, calciné et pesé.

Poids du platine	0gr,226

Or, par le calcul, on trouve que 0 gr. 2 de sulfate de potasse équivalent justement à :

Platine	0gr,226

On doit donc conclure de cette expérience que toute la potasse se combine avec le bichlorure de platine, même lorsqu'elle préexiste à l'état de sulfate dans la dissolution et qu'elle est mélangée à d'autres substances.

Un troisième essai a été effectué en opérant sur :

Sulfate de potasse pur	1gr,000
Chlorure de sodium (1/2 équivalent)	0gr,335

On a fait dissoudre ces sels dans l'eau pure et l'on a complété un

décilitre dont on a prélevé 25 cent. cubes pour prise d'essai, soit :

Sulfate de potasse.. 0gr,25

Opérant comme il a été dit précédemment, on a obtenu :

Platine.. .. 0gr,283

Cette quantité correspond à :

Sulfate de potasse.. 0gr,2504

Enfin nous avons préparé deux mélanges contenant chacun trois sels parfaitement purs, nous les avons dissous dans l'eau et nous en avons pris un volume déterminé pour doser directement la potasse, sans nous préoccuper de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique que ces mélanges contenaient.

La prise d'essai a été traitée par un excès d'acide chlorhydrique et une quantité suffisante de bichlorure de platine. Le chloroplatinate de potasse impur obtenu a été réduit par le formiate de soude, ainsi que nous l'expliquerons plus loin.

On peut juger de l'exactitude de cette méthode par les résultats suivants :

1°	Platine trouvé.	Platine calculé.
2 gr. sulfate de potasse pur........		
2 gr. chlorure de potassium pur....		
2 gr. carbonate de soude pur.......		
Dissous dans 300 cc...............		
Prise d'essai 25 cc.................	0gr,4087	0gr,4084
2°		
2 gr. sulfate de potasse pur..		
2 gr. azotate de potasse pur........		
2 gr. carbonate de soude pur.......		
Dissous dans 500 cc...............		
Prise d'essai 50 cc................	0gr,4205	0gr,4208

De ces expériences on peut conclure que, dans le dosage de la potasse, on obtient des résultats exacts en prenant pour base d'évaluation, non pas le chloroplatinate de potasse qui est rarement pur, mais le platine métallique qu'on en extrait par la calcination, ou ce qui est préférable, par le procédé que nous allons indiquer et qui fait le sujet principal de ce mémoire.

Ce n'est pas la première fois qu'on fait ressortir les avantages que présente la réduction du chloroplatinate de potasse dans le dosage de cet alcali. Rose en a parlé déjà dans l'édition de son traité d'ana-

lyses chimiques publiée en 1832. Mais comme cette façon d'opérer n'est pas mise en pratique, que nous sachions, par les chimistes qui font des analyses commerciales, nous croyons être utiles aux personnes intéressées en publiant les recherches que nous avons faites sur ce sujet.

Ces préliminaires posés, nous allons décrire, avec tous les détails nécessaires, la méthode que nous suivons pour déterminer la potasse totale que renferme un échantillon de potasse du commerce, qu'elle soit brute ou raffinée.

Nous ne nous étendrons pas sur les diverses opérations que comporte une analyse de salins de betteraves ou de produits analogues. Comme tout le monde, nous lessivons avec de l'eau tiède (à environ 40°) une prise d'essai d'un poids déterminé (10 gr. par exemple); nous complétons un demi-litre de dissolution, et nous en prélevons des volumes convenables pour faire le titre alcalimétrique, doser l'acide sulfurique, le chlore, la potasse totale, et s'il est nécessaire, l'acide phosphorique et la silice.

Si l'on a affaire à de la potasse raffinée, on en dissout également un poids déterminé dans de l'eau. On laisse déposer la faible quantité de matière insoluble ou l'on filtre. On modifie les prises d'essais en raison des proportions de matières salines contenues dans ce genre de potasse, proportions que l'on connaît approximativement d'avance.

Les déterminations du chlore et de l'acide sulfurique, sur lesquelles nous avons dit quelques mots, ne présentant aucune difficulté, nous ne nous y arrêtons pas.

Nous ne nous occuperons dans ce mémoire que du dosage de la potasse totale. C'est le point délicat de ces opérations.

Voici comment nous procédons pour faire ce dosage:

Nous prélevons dans la dissolution préparée un volume représentant 4 ou 5 décigrammes de matière. Nous rendons le liquide franchement acide par l'acide chlorhydrique, nous y ajoutons une quantité suffisante de bichlorure de platine, et, sans nous préoccuper de l'acide sulfurique, de l'acide phosphorique, de la silice qui se trouvent en présence, nous évaporons ce liquide dans une capsule, au bain-marie, comme d'habitude (note 1).

La capsule est placée sur un rond de fer qui est séparé des bords du bain-marie par un rond de gros carton. Cette précaution est nécessaire pour éviter que le bichlorure de platine ne soit chauffé au delà

de 100°. Au-dessus de cette température, il peut se former un peu de sous-chlorure de platine qui est insoluble dans l'alcool.

On continue l'évaporation, en ayant soin de l'arrêter au moment où le produit est en consistance pâteuse et se prend en masse par le refroidissement. Il y a des inconvénients à le dessécher tout à fait[1].

Lorsque le chloroplatinate est froid, on le met en digestion, pendant quelques heures, avec un mélange d'alcool à 95° et d'éther (9 parties d'alcool, 1 d'éther). On le lave ensuite sur un filtre avec le même mélange, jusqu'à ce que le liquide qui passe soit parfaitement clair.

En poursuivant ces opérations on s'aperçoit que le chloroplatinate est souillé d'une poudre blanche plus légère que ce sel. Cette poudre est composée principalement de sulfate de soude et d'une quantité variable de phosphate de soude, de silice et même de fer.

Le filtre étant égoutté, nous procédons à la reprise de chloroplatinate. A cet effet, nous versons sur ce filtre lui-même, avec une pipette, de l'eau pure en pleine ébullition, nous continuons ce lavage jusqu'à ce que tout le chloroplatinate soit enlevé.

Nous avons constaté, après cette opération, qu'il reste sur le filtre un résidu jaunâtre insoluble dans l'eau, dont la quantité varie suivant l'origine des potasses ; ce résidu est de la silice mélangée ordirement de quelques traces de fer. Ceci confirme ce que nous disions précédemment à ce sujet. En opérant comme nous l'indiquons, il n'est donc pas nécessaire de se préoccuper de la silice soluble qui peut exister dans le salin.

La dissolution bouillante de chloroplatinate de potasse est reçue dans une capsule de porcelaine bien vernissée, n'ayant pas de stries dans sa couverte. On la porte à l'ébullition et on y verse, avec précaution, du formiate de soude que l'on a fait dissoudre dans l'eau ; le liquide change de nuance et la réaction a lieu avec une certaine vivacité. Aussi faut-il avoir la précaution, à ce moment, de retirer la capsule du feu pour éviter des projections.

Il est plus avantageux de procéder à cette opération en sens inverse, c'est-à-dire de verser peu à peu le chloroplatinate de potasse dans la dissolution bouillante de formiate de soude. On évite de

1. Lorsqu'il est sec, le chloroplatinate de soude se dissout plus difficilement dans l'alcool que lorsqu'il est un peu hydraté.

cette manière les projections, et le platine réduit n'adhère pas aux parois de la capsule, ce qui arrive quelquefois lorsqu'on opère comme nous le disions en premier lieu.

Si l'on a employé une quantité de formiate de soude suffisante, le liquide est complètement décoloré, et le platine, en poudre noire, se sépare avec netteté.

On évapore ensuite le liquide pendant quelques temps pour concréter le platine et le rendre plus facile à laver. Le liquide est décanté sur un filtre, le platine est repris par de l'eau froide légèrement acidulée, et lorsqu'il est réuni au fond du filtre, on achève le lavage à l'eau bouillante jusqu'à ce que celle-ci ne contienne plus de chlorure [1].

Ces précautions sont nécessaires, car si on les néglige, le platine en poudre impalpable passe quelquefois à travers le filtre, ce qui complique l'opération.

Il n'y a plus alors qu'à faire sécher le filtre et à le calciner pour connaître le poids du platine qui donne, par le calcul, celui de la potasse totale.

En opérant de cette manière et en faisant avec soin les autres déterminations qui, nous le répétons, ne présentent aucune complication, on peut achever une analyse de salins ou de potasse raffinée rapidement et avec une précision qui ne laisse rien à désirer. On n'a pas à se préoccuper d'autres matières que de celle que l'on a en vue, c'est-à-dire de la potasse : toutes les substances étrangères étant éliminées, qu'elles soient ou qu'elles ne soient pas solubles dans l'alcool. On jugera de l'exactitude de notre méthode par les analyses suivantes, dont les chiffres n'ont été ni forcés ni atténués. Nous nous bornerons à quelques exemples :

SALIN BRUT DE BETTERAVES

Carbonate de potasse	38,79
Carbonate de soude	13,55
Chlorure de potassium	15,00
Sulfate de potasse	21,82
Matières insolubles	8,25
Eau	2,82
	100,23

1. Nous nous sommes assurés, notamment en faisant l'analyse de la potasse raffinée dont il sera question plus loin, que ce liquide de lavage renfermait en outre du sulfate de soude, une certaine proportion de phosphate de soude. Par conséquent ces deux sels étaient mélangés au chloroplatinate de potasse.

AUTRE ÉCHANTILLON.

Carbonate de potasse	24,32
Carbonate de soude	29,50
Chlorure de potassium	20,30
Sulfate de potasse	13,93
Matières insolubles	11,04
Eau	1,10
	100,19

Dans ces formules qui sont celles que l'on adopte dans le commerce, on fait abstraction des autres substances solubles qui existent en proportions variables dans les salins, telles que la silice et le phosphate alcalin. Si l'on en tenait compte, ces formules ne devraient-elles pas être modifiées plus ou moins dans certains cas ?

Pour élucider cette question, nous avons recherché quelle peut être la proportion de phosphate soluble contenue dans un salin de betteraves.

Voici d'abord une première analyse d'un salin de l'Aisne, dans lequel il y a beaucoup de carbonate de potasse :

Carbonate de potasse	45,11
Carbonate de soude	8,32
Chlorure de potassium	18,53
Sulfate de potasse	11,96
Acide phosphorique	0,18
Matières insolubles	13,50
Eau	2,50
	100,10

On voit que cette potasse brute renferme une quantité d'acide phosphorique si minime qu'elle est tout à fait négligeable. Quand même cette quantité serait plus forte, nous allons voir qu'il n'y aurait pas lieu d'en tenir compte dans la pratique, si ce n'est dans des cas particuliers.

Potasse de suint.

Nous avons fait aussi l'analyse d'un salin obtenu par l'évaporation et la calcination des eaux de désuintage des laines.

En voici l'énoncé :

Carbonate de potasse	76,42
Carbonate de soude	2,09
Chlorure de potassium	5,15
Sulfate de potasse	3,85
Silice soluble (dosée directement)	0,68
Acide phosphorique	0,16[1]
Matières insolubles	5,75
Eau	6,50
	100,60[2]

Ici la proportion d'acide phosphorique est aussi faible que dans le cas précédent, et elle peut être négligée également. Mais la silice est en plus forte quantité. Comme elle existe dans la dissolution à l'état de silicate alcalin, il en résulte que la formule précédente n'est pas précisément correcte. Faut-il la modifier?

N'est-elle pas suffisante pour la pratique? C'est ce que nous allons discuter.

La potasse raffinée renferme quelquefois du phosphate alcalin en quantité assez élevée. C'est dans ce cas, particulièrement, qu'il est avantageux de doser la potasse totale par le procédé que nous venons de proposer, si l'on ne veut pas s'exposer à commettre une erreur sensible dans la détermination de cette base.

Nous avons effectué avec les soins prescrits l'analyse d'une potasse raffinée extraite des salins de betteraves. En interprêtant les résultats selon l'usage commercial, voici les chiffres que nous avons obtenus :

FORMULE A.

Carbonate de potasse	74,39
Carbonate de soude	12,25
Chlorure de potassium	3,50
Sulfate de potasse	5,94

1. La laine ne renferme pas de phosphore. Cette minime quantité d'acide phosphorique doit provenir des excréments qui souillent la toison du mouton et qui sont enlevés par le désuintage.

2. L'addition des chiffres de cette analyse donne une somme un peu trop forte, parce qu'en adoptant cette formule, on suppose que la potasse qui n'est pas combinée avec le chlore et l'acide sulfurique existe entièrement à l'état de carbonate, tandis qu'il y en a une minime quantité qui est applicable à l'acide silicique et à l'acide phosphorique. Ce salin renferme donc, en réalité, moins d'acide carbonique que n'en indique cette formule.

Nous dirons plus loin les raisons qui nous font supposer que dans les salins, l'acide silicique et l'acide phosphorique sont combinés avec la potasse.

Matières insolubles.	0,45
Eau.	1,60
Corps non dosés et pertes	1,87 [1]
	100,00

Cette formule, suffisante pour les besoins du commerce (ainsi que nous allons le démontrer), est incorrecte au point de vue scientifique. Ayant recherché les corps que cette potasse raffinée contenait, en outre de ceux exprimés ci-dessus, nous y avons trouvé :

Acide phosphorique	1,52 (note 2)
Silice soluble	0,46

Ces acides sont combinés nécessairement dans ce mélange salin avec des quantités relatives de base et ils remplacent des proportions équivalentes d'acide carbonique comptées induement dans cette formule. En outre, le dosage du carbonate de soude ayant été opéré comme d'habitude, c'est-à-dire par la liqueur alcalimétrique, une certaine quantité de soude neutre et combinée a échappé à l'analyse.

En tenant compte de ces éléments nouveaux et en rectifiant les erreurs d'interprétation commises dans la première formule pour les causes que nous venons d'indiquer, nous avons pu établir comme il suit la composition rationnelle de cette potasse raffinée. Nous admettrons (ce qui nous paraît probable) que l'acide phosphorique et l'acide silicique sont combinés dans ce composé avec la potasse et non avec la soude (note 3).

FORMULE B.

Carbonate de potasse	69,31	74,76
Phosphate de potasse ($PhO^5 (KO)^3$)	4,51	
Silicate de potasse	0,94	
Carbonate de soude		13,90
Chlorure de potassium		3,50
Sulfate de potasse		5,94
Matières insolubles		0,45
Eau		1,60
		100,15

Pour justifier l'exactitude de cette formule, nous avons dosé

1. Quelques chimistes ont l'habitude de désigner le chiffre complémentaire de l'analyse sous le nom de phosphate (sans indiquer la base). Cette incorrection est souvent la source de nombreuses contestations entre acheteurs et vendeurs.

directement la quantité d'acide carbonique contenue dans cette potasse raffinée. Le chiffre trouvé a été de 27,74 p. 100. Or, par le calcul, on reconnaît que les deux carbonates ci-dessus représentent 27,80 p. 100 d'acide carbonique. Le résultat est très satisfaisant; il prouve que l'interprétation que nous donnons aux éléments de notre analyse est parfaitement légitime.

Toutefois, dans la pratique, est-il nécessaire de doser l'acide phosphorique dans la potasse raffinée extraite des salins de betteraves et de le représenter dans l'analyse sous forme de phosphate alcalin? Ne suffit-il pas, comme on a coutume de le faire, de s'en tenir à la formule A qui satisfait, avec sincérité, aux conditions des marchés?

C'est ce que nous allons discuter en terminant ce mémoire.

On sait déjà que la potasse raffinée fabriquée avec des salins de betteraves est impropre à la verrerie lorsqu'elle renferme des phosphates alcalins : aussi est-elle généralement utilisée pour la fabrication du savon (note 4).

Or, pour cette dernière industrie, il est parfaitement indifférent que la potasse soit à l'état de phosphate ou de carbonate dans la dissolution qui est employée pour saponifier les graisses. Cette dissolution devant être caustifiée par de la chaux, l'acide phosphorique est précipité aussi bien que l'acide carbonique; et, dans l'un et l'autre cas, on obtient de la potasse caustique.

Ce que nous disons du phosphate de potasse s'applique également au silicate.

De plus, si l'on compare les deux formules précédentes, on remarque que la quantité de carbonate de potasse représentée par la formule A est sensiblement égale à la somme des phosphate, carbonate et silicate indiqués exactement dans la formule B [1]. Cette coïncidence n'est pas fortuite; elle se reproduira toujours dans les mêmes circonstances : l'équivalent de l'acide phosphorique qui se combine avec trois équivalents de base étant assez rapproché du triple équivalent de l'acide carbonique.

Pour ces raisons, nous soutenons que dans la pratique, et lorsqu'il s'agit de salins de betteraves ou de la potasse raffinée qui en pro-

1. Dans le second cas, cette somme est un peu plus forte, parce que l'équivalent que nous avons adopté pour la silice ($SiO^3 = 556,7$) est plus élevé que celui de l'acide carbonique. On remarquera toutefois que, dans l'une et l'autre formule, la quantité de potasse caustique (KO) est la même, ce qui est essentiel.

vient, il n'est pas nécessaire de changer l'expression de la formule A consacrée pas l'usage. Ce qu'il importe d'évaluer, c'est la quantité de potasse caustique que ces mélanges salins peuvent fournir au praticien, et nous venons de voir que cette évaluation ne laisse rien à désirer, lorsqu'on représente sous forme de carbonate toute la potasse qui n'est pas combinée avec le chlore et l'acide sulfurique.

Il résulte de ce qui précède qu'il est injuste de prétendre (à moins de stipulations expresses) qu'il faut déduire le phosphate de potasse du carbonate de potasse déterminé comme dans la formule A et ne payer que sur la différence. Les vendeurs doivent se prémunir contre cette prétention mal fondée et éviter à cet égard toute ambiguïté dans les contrats de vente.

En résumé, la méthode d'analyse que nous proposons aux chimistes nous semble digne d'attirer leur attention. En les affranchissant des causes d'erreurs que comportent les procédés actuels, elle leur permettra dorénavant, d'établir la composition des potasses du commerce, non seulement par une voie rapide, mais surtout avec une exactitude qui, d'après notre propre expérience, n'a pas été atteinte jusque aujourd'hui.

C'est surtout lorsque la potasse est engagée dans un composé complexe, comme un engrais, par exemple, qu'il y a avantage à opérer par notre méthode. Quelles que soient les substances qui y sont mélangées, quelle que soit leur constitution, on pourra toujours, en suivant avec soin nos prescriptions, recueillir à l'état de pureté tout le platine qui s'est trouvé combiné dans le chloroplatinate de potasse formé, et connaître, conséquemment, la potasse qui a été entraînée en totalité dans cette même combinaison.

NOTE 1

Lorsqu'on se propose de doser la potasse dans un liquide par le bichlorure de platine, il importe d'employer un excès de ce réactif. Si l'on n'a pas cette précaution, on a des résultats inexacts.

Supposons un liquide renfermant des sels de potasse et des sels de soude : on se tromperait si l'on croyait qu'il suffit d'y verser la quantité de bichlorure de platine nécessaire pour transformer la potasse en chloroplatinate de potasse, il faut de toute nécessité

que le réactif soit assez abondant pour que la soude elle-même soit entièrement combinée sous forme de chloroplatinate de soude.

Nous avons fait un essai sur un volume déterminé de dissolution qui contenait des sels purs de potasse et de soude en quantités connues. Nous y avons ajouté du bichlorure de platine en proportion insuffisante, mais assez forte cependant pour qu'après traitement du résidu par l'alcool, le liquide fût coloré en jaune serin.

L'opération terminée, nous avons trouvé :

Platine	0gr,3897

Tandis que nous aurions dû avoir :

Platine	0gr,4084
Perte	0gr,0187

Tous les chimistes exercés à ce genre d'opération savent du reste qu'il faut employer assez de bichlorure de platine pour que la dissolution alcoolique de chloroplatinate de soude soit fortement colorée en rouge. Nous pensons que c'est pour avoir négligé cette précaution que dans des analyses comparatives certains chimistes n'ont pas obtenu les mêmes résultats que d'autres.

NOTE 2

Nous nous sommes demandé quelle pouvait être l'origine de la quantité tout à fait anormale d'acide phosphorique qui existe dans cette potasse raffinée. On sait qu'il y a des phosphates dans le jus de betteraves, mais si l'on se rend compte des opérations auxquelles celui-ci est soumis dans la fabrique de sucre, on doit reconnaître que la majeure partie de ces sels est éliminée lors de la défécation à l'aide de la chaux. On trouve, en effet, dans les écumes de défécation 3 à 4 p. 100 de phosphate de chaux tribasique.

Nous pensons que, dans le cas actuel, la présence d'une proportion assez notable de phosphate dans la potasse raffinée doit être attribuée aux circonstances suivantes :

Depuis quelques années, dans les distilleries, on met en fermentation les mélasses conjointement avec une certaine quantité de moût de maïs saccharifié, qui lui-même donne de l'alcool et engendre de la levûre. Le grain de maïs, ainsi que toutes les semen-

ces, renferme des phosphates qui restent dans la vinasse et qu'on retrouve dans le salin.

Lorsqu'on soumet ce salin au raffinage, les sels, en cristallisant, n'entraînent guère de phosphate alcalin ; celui-ci se condense dans les eaux mères, et conséquemment dans le carbonate de potasse qui s'obtient par l'évaporation et la calcination de ces dernières.

NOTE 3

Il est difficile de décider si l'acide phosphorique se trouve dans le salin ainsi que dans la potasse raffinée à l'état de phosphate de potasse ou de phosphate de soude. Heureusement que, pour la pratique, cette question n'a aucune importance. Si, avec quelques chimistes, on se prononce en faveur du phosphate de soude, toute la potasse qui n'appartient pas au chlore et à l'acide sulfurique sera calculée sous forme de carbonate, et l'on obtiendra la formule A dont nous avons montré l'opportunité et l'exactitude au point de vue commercial. Il n'y aurait pas de raison non plus pour représenter dans la formule le phosphate de soude lorsque la potasse serait destinée à la savonnerie.

Nous croyons toutefois que sans préjuger le mode de combinaison réel de l'acide phosphorique dans ces matières salines, il est rationnel de le calculer, dans une analyse scientifique, à l'état de phosphate de potasse.

Ce qui justifie cette manière de voir, c'est que, lorsqu'on soumet les salins au raffinage, l'acide phosphorique se retrouve presque en totalité dans le carbonate de potasse qui s'obtient par l'évaporation et la calcination des eaux mères après séparation des autres matières salines. Celles-ci, en cristallisant, n'en entraînent pas une proportion fort sensible.

Nous avons dosé l'acide phosphorique contenu dans le sel de soude raffiné (carbonate de soude) que l'on extrait des salins de betteraves et nous y avons trouvé :

Acide phosphorique.............................. 0.114 p. 100

Dans le chlorure de potassium et le sulfate de potasse de même origine, il n'y a que des traces d'acide phosphorique, tandis que, dans la potasse raffinée, il peut y avoir, ainsi que nous l'avons vu :

Acide phosphorique.............................. 1.52 p. 100

Nous discuterons plus longuement cette question en une autre occasion.

NOTE 4

Ne pouvant pas utiliser ordinairement la potasse raffinée fabriquée avec les salins de betteraves, les verriers achètent le carbonate de potasse de décomposition, c'est-à-dire celui qui est fabriqué par le procédé Leblanc appliqué au sulfate de potasse. Ce carbonate de potasse ne contient qu'une faible proportion de phosphate, qui provient sans doute de la craie qui est employée pour sa fabrication.

DU ROLE DES CORPS GRAS DANS LA GERMINATION DES GRAINES VÉGÉTALES

PAR

M. A. LADUREAU

Directeur de la station agronomique du Nord.

MAI 1879.

Nous avons conçu l'idée et le plan du travail que nous avons l'honneur de soumettre aujourd'hui à l'appréciation des agronomes, des botanistes et des hommes d'étude curieux des lois de la physiologie végétale, en examinant un échantillon industriel d'huile de « germes de maïs », qui nous fut soumis il y a quelque temps déjà.

Nous avions souvent remarqué dans nos analyses quotidiennes que toutes les graines renfermaient une quantité de corps gras plus ou moins élevée, mais nous n'avions jamais songé à rechercher quelle était l'utilité, quel était le rôle de ces corps gras que la nature a déposés ainsi dans la graine, et surtout quelle place ils y occupaient. Notre attention fut éveillée par ce fait que l'on pouvait extraire industriellement une quantité d'huile assez considérable des germes de maïs : de là à rechercher pourquoi cette huile se trouvait précisément autour du germe et pas ailleurs, et quel but lui était assigné, il n'y avait qu'un pas : nous avons tenté de le faire, et espérons que cette étude contribuera du moins à porter quelque lumière sur ce point si intéressant de physiologie, à savoir les causes et les conditions du développement de l'embryon.

Le terrain était à peu près vierge devant nous, car sauf les travaux de M. Boussingault sur la putréfaction des graines et des fruits, et ceux de M. Müntz, chef des travaux chimiques à l'institut agronomique de Paris, sur la germination des graines oléagineuses, nous ne connaissons rien qui ait été fait ou publié sur la matière.

M. Boussingault (*Économie rurale*, t. I, p. 300 et 307) avait reconnu que durant la putréfaction des graines et des fruits contenant des matières grasses, celles-ci se transformaient en acides gras libres.

M. Pelouze, poursuivant quelques recherches dans le même ordre d'idées, avait également reconnu que des graines broyées, renfermées dans un flacon, se décomposaient et que leurs corps gras s'acidifiaient en quelques mois.

M. Müntz, dans son très remarquable travail « sur la germination des graines oléagineuses » (*Annales de physique et de chimie*, t. XXII, année 1871, p. 672), a publié un certain nombre d'analyses faites par lui de graines avant, pendant et après leur germination. Il résulte de ses recherches que :

1° Pendant la germination des graines oléagineuses, la matière grasse se dédouble progressivement en glycérine et en acides gras.

2° La glycérine disparaît au fur et à mesure qu'elle est mise en liberté.

3° A une certaine époque, la jeune plante ne contient plus que des acides gras libres.

4° Par l'accroissement de l'embryon, ces acides gras subissent une absorption lente mais progressive d'oxygène.

Voilà à quel point se trouvait l'état de la question au moment où nous avons entrepris son étude.

Surpris de trouver la matière grasse déposée dans la graine de maïs tout autour du germe, nous avons voulu voir si ce fait était général ou s'il était propre à cette graine. Nous avons donc examiné un nombre considérable de graines diverses et avons reconnu que :

Dans toutes les graines qui ne sont pas oléagineuses, et qui renferment par conséquent une proportion élevée de cellulose, d'amidon et une faible quantité de matière grasse, cette matière grasse se trouve toujours réunie au pied du germe, à son point d'attache dans la graine. Dans les graines oléagineuses, l'huile paraît au contraire se trouver répartie à peu près également dans toute la substance de la graine.

Nous avons isolé à la main, à l'aide d'un canif, la portion voisine du germe dans les graines féculentes, telles que blé, maïs, haricots, pois, lentilles, fèves, etc., et nous avons toujours trouvé dans cette partie la presque totalité de la matière grasse contenue dans la graine entière. Nous croyons même qu'avec plus d'adresse nous aurions probablement trouvé *toute* la matière grasse. Ces matières grasses étant toutes liquides, du moins dans toutes les graines que nous avons étudiées, pour abréger nous les désignerons désormais sous le nom d'*huiles*.

Nous allons citer quelques-uns des résultats que nous avons obtenus en faisant ces déterminations d'huiles dans les graines.

Graines ou grains de maïs. La portion avoisinant le germe, partie grise, molle et facile à distinguer à l'œil, ayant été séparée à la main, on y trouve les quantités suivantes d'huile, suivant les qualités de maïs :

Huile p. 100 dans le germe.	Huile p. 100 dans le reste de la graine.
29.15	0.30
28.51	1.80
29.47	0.15
26.33	1.05
24.19	1.47

Le poids des germes a varié de 12 à 15 p. 100 du poids total des graines.

Haricots blancs.

Partie entourant le germe.	Dans le reste de la graine.
Huile p. 100 : 2.35	Huile p. 100 : 0.12
3.19	0.07
2.14	0.24
4.01	0.10
3.77	0.03

Le poids des germes varie de 1 à 3 p. 100 du poids total des graines.

Fèves communes.

Partie autour du germe.	Dans le reste de la graine.
Huile p. 100 : 3.24	Huile p.100 : 0.19
4.62	0.02
2.93	0.43
4.19	0.05
3.53	0.33

Nous avons souvent remarqué que lorsqu'on mettait en présence de la matière organique un corps gras et une certaine quantité d'humidité, on obtenait, après un temps plus ou moins long, un échauffement de toute la masse parfois assez considérable pour déterminer son inflammation. Tous les industriels connaissent ce fait et évitent de réunir en amas un peu volumineux les chiffons et déchets divers imbibés de matières grasses. Cet échauffement se fait aussi bien au contact de l'air que dans un vase absolument clos. Nous-même avons mis en pratique cette propriété assez remarquable des corps gras pour créer, il y a quelques années, à Tourcoing, une industrie qui, depuis, y a pris un certain développement, la torréfaction des déchets de laine destinés à l'agriculture, par l'échauffement spontané, produit par cette réunion des matières organiques, des corps gras et de l'eau en certaines proportions.

Voici les observations que nous avons faites à ce sujet :

1° Si l'on abandonne à elles-mêmes des matières organiques assez divisées, comme la laine par exemple, après les avoir dépouillées de leurs matières grasses, et en leur donnant une quantité d'eau très supérieure à celle que renferment en général toutes les matières organiques à l'état sec, quantité qui ne varie guère que de 8 à 12 p. 100, on n'observe pas d'élévation notable de température. La matière, au bout d'un certain temps, s'altère, entre en décomposition et en putréfaction, mais sans que sa masse s'échauffe d'une manière sensible.

2° Si l'on prend de même une matière organique très divisée dans son état normal, c'est-à-dire ne contenant guère que de 8 à 12 p. 100 d'eau, et qu'on y mélange intimement une certaine quantité de graisse, d'huile végétale ou animale quelconque, si l'on abandonne ce mélange en tas durant quelques mois, on n'observe qu'au bout d'un temps très long un échauffement accompagnant le rancissement, l'acidification de l'huile par l'absorption de l'oxygène de l'air.

3° Mais si cette même matière organique mélangée d'huiles ou de corps gras est mise en amas d'une certaine importance, après avoir été mouillée de manière à renfermer environ 20 à 25 p. 100 d'humidité totale, on reconnaît au bout de très peu de jours que la masse commence à s'échauffer; bientôt on voit de la vapeur d'eau s'en échapper, et c'est alors que, la température s'élevant considérablement, la matière subit la torréfaction dont nous venons de parler. — Si, au lieu de l'arrêter en ce moment, en ouvrant la

masse et en l'étendant par terre en couche mince, de manière à la refroidir brusquement, on laisse l'échauffement se continuer, on peut être à peu près certain de voir bientôt la matière entrer en combustion avec ou sans flammes, et se réduire complètement en cendres, en produisant des torrents de fumée et de vapeur d'eau. Nous avons été à plusieurs reprises témoin de ce curieux phénomène qui avait devancé nos prévisions et que l'on peut reproduire très facilement.

Les faits dont nous parlons expliquent complètement ces phénomènes de combustion spontanée qui se produisent si fréquemment dans les amas de chiffons, de déchets gras et humides, de laine ou de coton, qui sont la terreur des industriels et des compagnies d'assurances, ainsi que ces incendies que rien ne faisait pressentir et dont sont si souvent victimes les cultivateurs qui ont rentré dans leurs granges des foins ou des récoltes trop humides.

Le fait capital que nous voulons retenir de tout ce qui précède, c'est que : chaque fois qu'une matière organique, azotée ou non, se trouve en présence d'une certaine quantité d'un corps gras quelconque solide ou liquide, et d'une proportion d'eau très supérieure à 10 p. 100, cette matière subit, au bout d'un temps plus ou moins long, mais généralement assez court, un échauffement qui peut être assez considérable pour déterminer, dans certains cas, l'embrasement total de sa masse.

Nous allons montrer comment cette loi est applicable à la germination des graines et quelles conséquences en découlent au point de vue de la cessation de leur faculté germinative.

Toutes les graines, du moins toutes celles dont nous connaissons les analyses et celles que nous avons examinées pour notre compte personnel, renferment une certaine quantité de corps gras. Cette quantité varie suivant l'espèce de la graine, et même dans chaque espèce elle est susceptible de variations qui sont parfois assez importantes.

Dans certaines graines, que l'on connaît sous le nom de graines oléagineuses, telles que le lin, l'œillette, le colza, l'arachide, la navette, le sésame, etc., cette quantité de corps gras, d'huile est considérable, et cette huile se trouve répartie dans toute la substance même de la graine, ainsi que nous l'avons dit plus haut.

Dans les autres, parmi lesquelles nous citerons les graines féculentes, telles que le blé, le maïs, le riz, les fèves, lentilles, féve-

rolles, etc., la proportion de matière grasse est assez faible, et, chose très remarquable, on trouve toujours la presque totalité de cette matière grasse dans le germe et dans la partie de la graine qui se trouve au pied de ce germe, ainsi qu'on peut le reconnaître par les chiffres que nous avons donnés au commencement de ce mémoire :

Il en résulte que, lorsque l'on met en terre ces graines qui, dans leur état normal, ne renferment que 10 p. 100 d'humidité, elles se trouvent dans un milieu qui en est infiniment plus chargé ; elles en absorbent bientôt une certaine proportion (20 à 25 p. 100 de leur poids), et alors les circonstances nécessaires à la production de chaleur dont nous venons de parler, se trouvant réalisées par la réunion de matières organiques, d'huile grasse et d'eau, il y a une élévation notable de la température tout autour de l'embryon, qui sous l'empire de cette double action physique et chimique assez énergique, subit la surexcitation particulière qu'on nomme la vie ; il perce alors le testa, probablement très-ramolli par cette élévation de température et la production d'une petite quantité de vapeur qui en résulte, le germe apparaît, la graine inanimée est devenue une plante vivante.

Nous n'avons parlé jusqu'ici que du phénomène physique de l'élévation de la température, mais il y a en outre une transformation chimique subie par le corps gras sur laquelle nous allons revenir ; et comme toute action chimique est accompagnée d'un dégagement d'électricité, il est bien présumable que cette force encore si mal connue et que l'on observe à chaque instant dans la vie, exerce également son influence dans la production de ce nouvel état : la vie végétale.

Les modifications chimiques que subissent les corps gras durant l'acte de la germination, ont été très bien étudiées par M. Müntz. Les expériences dont nous avons donné les résultats, et que les nôtres ont pleinement confirmées, ont montré que les huiles neutres que renferment les graines se dédoublent en acides gras et en glycérine, qui sont absorbés assez rapidement par la jeune plante pour la formation de ses tissus. Quelques auteurs croient que la matière grasse fournit le glucose d'où dérivent les autres hydrates de carbone, de même que la matière amylacée, ce glucose se transformant à son tour en cellulose par l'absorption du carbone. Cette opinion est très soutenable, mais il nous paraît probable que les acides gras formés durant la germination se transforment en corps nouveaux

analogues à la résine, par l'absorption d'une certaine quantité d'oxygène.

Nous avons fait un assez grand nombre d'essais sur cette transformation des corps gras neutres en acides gras avec des graines de toute nature, et avons toujours reconnu que, dès que le germe apparaissait, l'huile devenait acide, que cette acidité augmentait rapidement, et que la proportion de corps gras diminuait à mesure que la jeune plante se développait, pour devenir tout à fait nulle au bout de quelque temps.

Pour ne pas fatiguer nos lecteurs, nous ne citerons qu'un exemple, celui du cresson alénois (*Lepidium sativum*), graine qui, à l'état normal, renferme près de 24 p. 100 de son poids d'huile grasse tout à fait neutre.

Nous l'avons mise en germination, après en avoir déterminé exactement la proportion d'huile, et l'avons examinée au bout de trois jours, au moment où les germes venaient de sortir, puis au bout de huit jours, alors qu'ils étaient complètement développés, etc.

Voici ce que nous avons observé :

Cresson alénois.	Graine normale............	23,75	d'huile neutre.
—	au début de la germination..	20,82	— acide.
—	après 8 jours de germination.	17,35	— acide.
—	après 15 jours de germination.	13,27	— acide.
—	après un mois............	9,22	— acide.

Les mêmes phénomènes se reproduisent d'une manière générale avec toutes les graines que nous avons étudiées.

Cette acidification des corps gras neutres mis en présence des matières organiques diverses et d'une certaine quantité d'humidité, coïncide toujours avec l'échauffement qui se produit dans ces conditions, et qui n'est, croyons-nous, que la conséquence immédiate de cette transformation chimique. — Nous l'avons toujours observée dans les analyses nombreuses que nous avons faites jadis des déchets de laine avant et après leur torréfaction naturelle, c'est-à-dire produite par leur échauffement spontané. — Nous avons eu l'occasion de la reconnaître à diverses reprises dans des cargaisons de graines de coton, de sésame et d'arachides venant du Levant, ayant reçu de l'eau de mer et ayant, par suite, contracté cette modification profonde, qui en change l'aspect et la composition, au point de rendre ces graines presque invendables. Nous avons analysé ces graines

avariées, transformées en masses brunes ayant un peu l'odeur de la chicorée, et nous avons toujours trouvé dans l'huile que nous en avons extraite une grande proportion d'acides gras. Ces huiles avaient une couleur brune plus ou moins foncée, suivant que l'échauffement des graines avait eu lieu plus ou moins complètement. Nous avons la conviction que bien des incendies qui se déclarent parfois spontanément à la suite de coups de mer, dans les navires qui reviennent des Indes avec des chargements de graines oléagineuses, n'ont pas d'autre origine que le phénomène que nous étudions.

Au point de vue qui nous occupe, de la germination des graines, il est un fait assez intéressant à signaler, fait qui corrobore la théorie que nous émettons, c'est que lorsqu'on les fait germer dans un milieu humide et chaud de 25° à 35° centigrades, on avance considérablement l'époque de la sortie de l'embryon. Des graines qui ne lèvent qu'en vingt-cinq jours dans les conditions normales, n'exigent dans ce cas que quelques jours; celles qui ont besoin de huit jours poussent au bout de quarante-huit heures. Nous utilisons cette propriété très remarquable de l'application de la chaleur à la germination dans la ferme expérimentale de Bavai (Nord), où nous faisons chaque année, avec le concours de son propriétaire, M. Derôme, une grande partie de notre expérimentation agricole; nous utilisons cette propriété, disons-nous, pour obtenir de nos betteraves une levée rapide et régulière, condition essentielle d'une bonne récolte.

Voici comment on opère : on remplit à moitié un tonneau à double fond avec la graine sèche; on achève de remplir avec de l'eau à 35° centigrades. On laisse la graine se mouiller, s'humecter complètement de cette eau tiède, et au bout de vingt-quatre heures on soutire l'excédent au moyen du double fond. Le bois étant peu conducteur et le tonneau bien fermé, la température se maintient assez élevée durant quelque temps. Cela suffit pour commencer le travail de la germination, pour ramollir considérablement l'enveloppe corticale de la graine, qui est très dure, et pour permettre à l'embryon de la percer plus facilement : aussi voit-on les germes pointer au bout de quarante-huit heures. Les betteraves semées dans ces conditions, avec la graine ainsi préparée, sont complètement sorties de terre au bout de cinq ou six jours, tandis que les mêmes graines, semées sèches, ne lèvent qu'au bout de quinze à vingt jours, suivant l'état de la température. Nous avons retiré déjà de grands

avantages de ce mode d'opérer que nous signalons aux intéressés. Le point sur lequel nous insistons aujourd'hui, c'est l'avancement énorme qu'on donne à la germination en élevant ainsi la température des graines humides, et la remarque que nous avons faite que la germination simultanée d'une certaine quantité de graines produit toujours un certain dégagement de chaleur très facile à reconnaître et à mesurer avec un thermomètre à maxima. Nous avons souvent observé une élévation de température de quelques degrés au moment où les germes commençaient à se montrer.

Toute germination est donc accompagnée d'un dégagement de chaleur, d'une décomposition chimique et probablement de la production d'électricité qui résulte toujours de ce phénomène. Dans le règne animal également, chacun sait que la chaleur seule suffit pour communiquer la vie aux œufs qui renferment les matériaux du nouvel être. La connexité de ces faits et de ceux que nous avons étudiés plus haut dans l'échauffement des matières organiques grasses et humides semble nous autoriser à penser que si la nature a déposé auprès de l'embryon de toutes les graines une quantité de corps gras, c'est précisément pour que ces corps gras, en s'échauffant sous l'influence de l'humidité du sol, donnent au germe la chaleur et l'électricité nécessaires à son développement, lui communiquent la vie en un mot, et que de plus, par leur transformation en glycérine et en acides gras, peut-être même en glucose, ils contribuent à l'alimentation de la jeune plante, à la formation de ses tissus.

Si cette hypothèse est conforme à la vérité, il doit exister, au point de vue de la nature et de la composition chimique des huiles des diverses graines, de grandes différences suivant que ces graines sont de production récente, c'est-à-dire aptes à la germination, ou qu'elles ont un certain nombre d'années d'existence et ont perdu au moins partiellement leur faculté germinative. C'est ce que nous allons étudier.

Rendons hommage d'abord à l'inépuisable obligeance de l'homme qui nous a facilité singulièrement ces recherches en nous procurant un grand nombre d'échantillons de graines récentes et des mêmes graines ayant dix à douze ans d'âge, à M. H. Vilmorin, négociant en grains et graines et membre de plusieurs sociétés savantes à Paris : il nous a prouvé, en répondant à toutes nos demandes, qu'on ne s'adresse jamais vainement à lui quand il s'agit d'étudier un point intéressant, de réaliser un progrès.

GERMINATION DE VIEILLES GRAINES (10 A 12 ANS).

NOMS DES GRAINES EXPÉRIMENTÉES.	NATURE de leur huile.	Quantité °/° ayant germé.	NOMS DES GRAINES EXPÉRIMENTÉES.	NATURE de leur huile.	Quantité °/° ayant germé.
Maïs Caragua d'Amérique	acide.	4	Laitue grosse brune	acide.	»
— de France	»	12	— palatine	»	»
— Quarantain	»	7	— romaine blonde	»	»
Haricot de Montreux	»	»	Aubergine violette ronde	»	»
— noir de Belgique	»	»	— longue hâtive	»	»
Fève naine hâtive	»	25	— violette longue	»	»
— rouge	»	10	Panais rond	»	»
Pois prince Albert	»	»	— long	»	»
— à fleur rouge	»	24	Ognon blanc	»	»
— ridés à rames	»	»	— rouge	»	»
Betterave disette blanche	»	19	— jaune des vertus	»	»
— globe jaune	»	27	Tomate rouge hâtive	»	29
— Silésie rose	»	30	—, grosse rouge	»	20
— disette d'Allemagne	»	31	— à tige raide	»	22
— de Pologne collet rose	»	14	Radis demi-long écarlate	»	»
— Brabant collet vert	»	22	— — rose	»	»
Epinard de Flandre	»	»	— rond rose	»	»
— de Hollande	»	»	Poireau (gros) de Rouen	»	»
Scorsonères blancs	»	»	— long	»	»
Carotte rouge longue	»	»	— gros court	»	»
— — demi-longue	»	»	Piment de Cayenne	»	»
— blanche collet vert	»	»	— rouge long	»	»
Cardon plein	»	9	— gros	»	»
— de Tours	»	6	Cerfeuil commun	»	»
— d'Espagne	»	13	— frisé	»	»
Persil frisé	»	»	Lentilles communes	»	7

M. H. Vilmorin a donc mis à notre disposition les graines dont nous avons donn é la liste, afin de nous permettre de vérifier l'exactitude de l'hypothèse que nous avons émise, en ce qui concerne le rôle des corps gras dans la germination des végétaux.

Chacune de ces graines a été traitée par l'éther à chaud, dans le but d'en extraire l'huile, tandis qu'une autre portion était mise à germer dans les meilleures conditions que nous pussions réaliser. Nous n'avons pas pris le sulfure de carbone pour ce traitement, afin d'éviter toute cause d'erreur imputable aux réactifs employés, ce corps renfermant parfois des traces d'acides sulfureux et sulfhydrique, et pouvant donner lieu à la formation de ces acides durant son évaporation. Toutes les précautions ont été prises pour que les vapeurs acides des laboratoires ne pussent pas davantage influencer les résultats. Le degré de neutralité ou d'acidité des huiles extraites des graines fut apprécié au moyen d'un petit fragment de papier de tournesol sensible que l'on maintint plongé dans l'huile durant au moins vingt-quatre heures après l'évaporation de l'éther, évaporation que l'on conduisit rapidement.

Chaque espèce de graines fut laissée dans les appareils à germination jusqu'à ce que les graines fussent germées ou en décomposition, afin d'être sûrs que toutes aient eu le temps nécessaire à leur développement. Elles furent alors triées avec soin à la main et comptées, en mettant à part celles qui avaient résisté à la germination. Nous avons réuni dans le tableau qui précède les résultats obtenus dans ces expériences; nous ferons remarquer que les chiffres de la troisième colonne indiquent la proportion p. 100 de graines ayant germé. Pour ne pas compliquer ce tableau, nous n'avons pas cru devoir ajouter au nom de chaque espèce de graine sa dénomination scientifique.

On voit d'après ce tableau que l'huile de toutes ces graines anciennes, dont la plupart ont entièrement perdu leur faculté germinative, est acide ; il est facile de reconnaître également que certaines espèces de graines conservent cette faculté plus longtemps que d'autres : peut-être cela est-il dû à l'épaisseur de leur enveloppe corticale, parfois extrêmement dure, comme c'est le cas pour la betterave et les cardons par exemple; cette enveloppe épaisse et dure empêche l'air d'arriver jusqu'à la graine et retarde par suite l'oxydation, c'est-à-dire l'acidification de son huile. En effet, dans un grand nombre de petites graines dont le testa est de faible épaisseur,

nous reconnaissons la cessation complète du pouvoir germinatif en même temps que l'acidité des matières grasses.

Nous nous sommes livré aux mêmes recherches sur les mêmes graines que celles que nous venons d'énumérer, récoltées l'année dernière, ainsi que sur un grand nombre d'autres de production toute récente, et nous avons reconnu que toutes ces graines, à part quelques rares exceptions (1 aubergine, 1 oignon, 1 cardon, 1 pois et 1 maïs), renfermaient des huiles tout à fait *neutres*, et que toutes ou presque toutes germaient. Dans les cinq exceptions que nous signalons, l'huile avait une réaction très faiblement acide. La proportion de graines germées dans toutes ces nouvelles expériences a varié entre 84 et 137 p. 100. Le chiffre de 137 p. 100, qui pourrait étonner au premier abord, s'applique à la betterave, dont les fruits renferment, comme chacun sait, deux, trois ou quatre graines différentes.

Nous croyons pouvoir tirer de ces études cette conclusion que la cessation du pouvoir germinatif dans les graines ayant quelques années d'existence est dû, en grande partie du moins, à l'acidification qu'ont subie leurs corps gras sous l'influence de l'oxygène de l'air; cette conclusion confirme l'hypothèse que nous avons émise plus haut sur le rôle de ces huiles dans la germination : en effet, si les corps gras ont pour mission de développer le germe par la chaleur qu'ils produisent en se combinant avec l'oxygène dans le sein de la terre, pour se transformer en acides gras, ils ne peuvent plus remplir ce rôle, si cette transformation a déjà été opérée sous l'influence du temps.

Voulant reconnaître si cette action des corps gras était indispensable à la germination, nous avons pris un certain nombre de graines fraîches et les avons dépouillées autant que possible de leur huile par des traitements successifs au moyen de l'éther. Nous avons séché les graines ainsi traitées avec de grandes précautions et à basse température, et nous avons vu que la plus grande partie était devenue stérile. Ces essais ont été faits à froid sur les graines entières, et il nous paraît plus que probable que nous avons dû y laisser, en opérant ainsi, une portion notable d'huile; mais il était impossible d'opérer autrement, avec de l'éther bouillant par exemple ou avec du sulfure de carbone à chaud, car dans ce cas nous aurions nous-même détruit dans la graine le pouvoir germinatif, la faculté d'éclosion.

Nous ne pouvons donc que signaler la perte complète de ce pouvoir pour un grand nombre des graines ainsi traitées.

Il résulte des faits que nous venons d'étudier une conséquence intéressante au point de vue de la pratique agricole : si les graines fraîches renferment une huile neutre et les graines anciennes une huile d'autant plus acide que leur âge est plus grand, comme cette acidité des corps gras coïncide avec une diminution considérable dans leur puissance germinative, chose que le cultivateur qui achète des graines en vue des semailles a intérêt à connaître avant tout, il lui sera facile désormais de s'assurer immédiatement, par une simple analyse chimique, de l'âge approximatif des graines surannées, incapables de germer, que lui livrent parfois, en le tentant par l'appât du bon marché, des négociants peu scrupuleux sur les moyens de faire fortune. Il ressort également de tout ce travail un enseignement d'une grande importance pour les producteurs de graines de semences : si les graines normales, c'est-à-dire bien mûres et sèches, ne renfermant par conséquent qu'une faible proportion d'humidité, sont susceptibles de se garder longtemps sans perdre complètement leur pouvoir germinatif, parce que l'oxydation de leur corps gras et l'échauffement qui en résulte n'a lieu que très lentement dans ces conditions, il n'en est pas de même des graines récoltées trop tôt, avant leur complète maturité, ou rentrées humides dans les magasins. Ces graines renferment une quantité d'eau élevée. Leur échauffement se fait par suite beaucoup plus vite et elles perdent rapidement leur faculté d'éclosion. Nous avons souvent observé ce fait et sommes heureux d'en pouvoir donner ici une explication qui paraît conforme à la vérité. Les producteurs de graines doivent donc tendre de tous leurs efforts à ne récolter leurs graines que lorsqu'elles sont parfaitement mûres et à ne les remiser qu'après les avoir fait sécher autant que possible. Ils éviteront ainsi des mécomptes dans la levée des graines exposées à séjourner deux ou trois ans dans leurs magasins avant d'être vendues et employées, outre le danger d'incendie dont nous avons parlé plus haut.

Nous arrêtons ici l'exposé des recherches que nous avons entreprises sur cette intéressante question et des considérations qui en résultent. Quelque imparfait et incomplet que soit ce travail, nous espérons néanmoins qu'il sera accueilli avec indulgence par tous les hommes qui s'occupent de physiologie, à titre de contribution à la solution du grand problème des causes et des origines de la vie dans les plantes.

RECHERCHES SUR LA RÉPARTITION DU SUCRE ET DU GLUCOSE DANS LE SORGHO,

PAR

M. F. MEUNIER,

Ancien élève de Grignon. Attaché au laboratoire de Culture du Muséum.

Historique. — Vers 1850, époque à laquelle le sorgho sucré (*sorghotum saccharatum*) fut introduit en France par les soins de M. Montigny, alors consul dans le Céleste-Empire, on se préoccupa beaucoup, dans le monde industriel et agricole, des nombreux produits qu'on pouvait retirer de cette graminée, dont les rendements paraissaient devoir être fabuleux.

Dans les provinces méridionales, où elle fut tout d'abord cultivée, on essaya, par suite de son analogie avec la canne à sucre, d'en retirer du sucre; mais les résultats obtenus furent loin de répondre à des espérances conçues trop légèrement : ainsi, en employant les meilleurs procédés proposés et en prenant de grandes précautions, on ne parvint pas à extraire, en moyenne, plus de 2 à 3 p. 100 du sucre contenu dans la tige. Cependant Itier, dans une culture qu'il fit en Afrique de cette plante, retira 2 960 kilogrammes de sucre de 42 775 kilogrammes de cannes effeuillées; le rendement en sucre a donc pu, dans ce cas, être porté à 8 p. 100. Malgré toutes les études qui furent faites dans le but de perfectionner l'outillage et d'abaisser les frais d'exploitation, l'industrie sucrière fondée sur la culture du sorgho n'eut qu'une durée très éphémère, par suite des frais nécessaires à l'extraction, frais qui dans aucun cas ne furent couverts par les produits.

Les distilleries agricoles étaient alors en vogue, aussi pensa-t-on qu'il serait peut-être plus avantageux de faire fermenter les jus et d'en retirer l'alcool. Beaucoup d'essais furent tentés dans cette voie; Hardy, alors directeur de la pépinière d'Alger, parvint à extraire du sorgho 7 954 litres d'alcool. Mais, comme dans le cas de l'industrie sucrière, tous les efforts que l'on fit pour améliorer les procédés n'aboutirent jamais à donner des produits rémunérateurs.

Ne pouvant réussir dans ces deux genres d'industrie, on proposa d'employer la fibre du sorgho à la fabrication du papier, puis à l'extraction d'une cire particulière appelée cérosie; on s'efforça

enfin d'utiliser les graines elles-mêmes pour l'extraction d'une teinture: toutes ces tentatives échouèrent. N'ayant point réussi à faire du sorgho une plante industrielle, on voulut l'utiliser comme plante fourragère. Bien qu'elle donnât en moyenne un rendement de 75 à 80 000 kilogrammes par hectare, bien qu'elle fournît un fourrage excellent et très nutritif, pouvant être consommé par tous les animaux de la ferme, M. Isidore Pierre, dans un travail qu'il publia en 1859 dans les *Annales de chimie et de physique*, démontra que la culture du sorgho cemme plante fourragère n'était pas économique. Voici du reste les paroles du savant correspondant de l'Institut, par lesquelles nous ne saurions mieux terminer cet historique des emplois du sorgho : « En un mot, dit-il, nous pensons que le sorgho, malgré son rendement considérable, malgré sa haute valeur comme fourrage, n'est pas encore appelé à figurer *économiquement* et sur une *grande échelle* dans la production alimentaire destinée au bétail, parce qu'il est très épuisant et qu'il est assez difficile de lui marquer une place rationnelle dans nos assolements. » De tous les nombreux essais qui furent faits en France dans le but d'utiliser cette plante, qui devait dès son introduction rendre de si grands services à l'industrie et à l'agriculture, aucun n'eut une réussite complète.

D'après une traduction faite par M. Dehérain[1] d'une note sur l'industrie sucrière aux États-Unis, les Américains occupant le centre et le nord de l'Union, ne pouvant cultiver la canne et n'ayant pas réussi jusqu'à présent à acclimater la betterave, cherchent, par de nouveaux essais, à tirer du sorgho le sucre nécessaire pour combler le déficit qui existe entre la consommation et la production. Nous avons pensé qu'il serait intéressant, alors que cette question est à l'ordre du jour en Amérique, de rechercher la répartition du sucre et du glucose dans le sorgho végétant sous le climat de Paris. Ce sont ces recherches que nous reproduisons dans ce mémoire.

Méthode analytique. — On épuise complètement par l'eau bouillante[2] 100 grammes de la matière humide coupés en fragments très minces. On mesure l'extrait ainsi obtenu ; à 100 cc de cet extrait, ayant été additionnés de 10 cc de sous-acétate de plomb, on ajoute,

1. Voy. les *Annales agronomiques de* 1879.

2. Dans les circonstances de l'expérience le sucre n'était pas transformé en glucose.

après ébullition et filtration préalable, 20 cc d'une dissolution de bicarbonate de soude, afin de précipiter l'excès de sous-acétate de plomb; on filtre de nouveau et l'on ramène au volume primitif, c'est-à-dire à 100 cc. On procède alors au dosage du glucose par la liqueur de Fehling; après interversion par l'acide chlorhydrique et la chaleur, on dose le sucre de canne, l'acide ayant été préalablement neutralisé par la carbonate de soude, et l'on possède dès lors tous les éléments nécessaires pour connaître combien 100 grammes de matière analysée contiennent de sucre et de glucose.

Répartition du sucre et du glucose dans les différentes parties de la tige entière.

La variété de sorgho étudiée est le sorgho sucré, dont les graines provenaient de la maison Vilmorin. Au moment ou nous fîmes nos recherches, la plante n'était pas encore arrivée à maturité : la tige et les feuilles étaient vertes, la panicule en partie formée, mais non sortie de la gaîne.

Mode d'opérer. — On prélève sur l'espace cultivé trois pieds de la plante présentant autant que possible tous les mêmes caractères. Chaque pied sert à une analyse différente. On sépare la panicule et les feuilles de la tige; après les avoir découpées en petits morceaux, on mélange séparément, et l'on prélève sur chacune des trois parties deux échantillons: l'un sert au dosage de l'humidité, l'autre à celui du sucre et du glucose.

Résultats obtenus. — Les résultats des analyses de la tige effeuillée, de la panicule et des feuilles sont résumés dans les tableaux I, II, III.

TABLEAU I. — SUCRE ET GLUCOSE PAR KILOGRAMME DE TIGES EFFEUILLÉES.

NUMÉROS des échantillons.	SUCRE.	GLUCOSE.	TOTALITÉ.	MATIÈRE SÈCHE p. 100.
1	13.42	19.87	33.29	
2	13.08	19.52	32.60	Moyenne...... 15.26
3	12.95	20.03	32.98	
Moyennes...	13.13	19.80	32.95	

TABLEAU II. — SUCRE ET GLUCOSE PAR KILOGRAMME DE PANICULES.

NUMÉROS des échantillons.	SUCRE.	GLUCOSE.	TOTALITÉ.	MATIÈRE SÈCHE p. 100.
1	5.20	12.25	17.45	Moyenne...... 13.74
2	4.92	11.75	16.67	
3	5.04	12.03	17.07	
Moyennes...	5.08	12.01	17.09	

TABLEAU III. — SUCRE ET GLUCOSE PAR KILOGRAMME DE FEUILLES.

NUMÉROS des échantillons.	SUCRE.	GLUCOSE.	TOTALITÉ.	MATIÈRE SÈCHE p. 100.
1	4.68	5.77	10.45	Moyenne...... 20.71
2	4.45	5.52	9.97	
3	4.55	5.67	10.33	
Moyennes...	4.56	5.65	10.21	

L'examen de ces trois tableaux nous montre que, sous le climat de Paris, où le sorgho n'arrive pas à complète maturité, surtout lorsque l'été a été froid et pluvieux comme celui de l'année qui vient de s'écouler, la quantité totale des sucres contenus dans les différentes parties d'une tige entière est relativement très faible. Si nous comparons les analyses consignées dans le tableau I avec celles du n° IV, qui furent faites en 1861 par M. Vilmorin, auquel nous empruntons ce tableau, il résulte que la tige de sorgho est, en moyenne, près de quatre fois moins riche en principes sucrés qu'elle ne l'est lorsque la plante parcourt toutes les phases de sa végétation.

La différence que l'on constate entre la totalité des deux sucres porte surtout sur le sucre de canne, qui est cinq fois plus faible que dans les analyses de M. Vilmorin ; le glucose, au contraire, est sensiblement dans les mêmes porportions.

Le tableau I fait ressortir en outre, avec beaucoup de netteté, que lorsque la plante est verte et la panicule à peine formée la quantité de sucre de canne renfermée dans la tige effeuillée est très minime. Ce fait avait déjà été signalé par Leplay, qui conseillait

d'attendre jusqu'à la maturité complète avant de faire la coupe du sorgho. Des faits analogues ont été également constatés pour la canne à sucre ainsi que pour toutes les plantes en général.

TABLEAU IV. — RICHESSE EN SUCRE ET GLUCOSE DE DIVERSES VARIÉTÉS DE SORGHO.

VARIÉTÉS.	DENSITÉ des jus.	GLUCOSE. (Par litre de jus.)	SUCRE. (Par litre de jus.)	TOTAL.	OBSERVATION.
Sorgho brun sans balles.	1.068	14.31	104.31	118.62	En admettant 20 p. 100 de matière sèche dans le sorgho arrivé à complète maturité, les chiffres donnés par M. Vilmorin doivent être diminués de 1/5 pour avoir le sucre et le glucose contenus dans 1 kilogr. de matière.
— sucré amélioré.	1.079	29.09	135.65	164.74	
— de Chine.......	1.074	22.71	87.85	110.56	
— graines couleur chocolat.......	1.049	13.25	24.91	38.16	
— (Égyptian-Corn).	1.052	25.50	42.64	68.14	
— sucré de Verrières.........	1.074	47.19	124.08	171.27	
— Drouyn de Lhuys	1.066	22.32	112.36	134.68	
— sucré de Pékin.	1.066	13.67	112.85	126.52	
— géant de Beauregard........	1.066	41.69	111.50	153.19	
Moyennes.............	1.065	25.62	95.12	120.72	

Les différences que présentent les nombres de M. Vilmorin avec ceux que nous avons obtenus portent surtout sur le sucre de canne: tandis qu'en moyenne M. Vilmorin ne trouve pas un chiffre de glucose double du nôtre, il obtient près de 5 fois plus de sucre de canne; or cette année 1879 a été très froide, et il nous semble qu'on peut déduire de ces différences qu'une certaine somme de chaleur est indispensable pour la formation des sucres et surtout pour la transformation du glucose en sucre cristallisable; si la chaleur n'est pas suffisante pour amener la plante à maturité, il en résulte forcément une diminution dans les principes sucrés, diminution qui porte principalement sur le sucre de canne.

Enfin nous remarquons dans les tableaux II et III que la somme

des sucres contenue dans la panicule et les feuilles est assez forte, comparée à celle des tiges effeuillées. Cette richesse relative est encore due peut-être au manque de chaleur, qui n'a pas été assez grande pour faire passer dans la tige les principes sucrés contenus dans les feuilles et transformer dans la panicule ces mêmes principes en amidon ou en d'autres hydrates de carbone insolubles.

Répartition du sucre et du glucose dans la tige effeuillée.

Mode d'opérer. — Comme dans le cas précédent on prend trois tiges présentant autant que possible : même degré de maturité, même longueur et même grosseur ; on effeuille, on coupe à la même hauteur et on analyse. Un échantillon de chaque partie divisée en fragments très minces sert à doser l'humidité. Les chiffres suivants sont comme les précédents rapportés à un kilogramme.

RÉSULTATS OBTENUS.

TABLEAU V. — BAS DE LA TIGE.

NUMÉROS des essais.	GLUCOSE.	SUCRE.	TOTALITÉ.	MATIÈRE SÈCHE p. 100.	DENSITÉ.
1	17.85	14.50	32.35	Moy. 16.16	Moy. 0.980
2	17.58	14.42	32.00		
3	17.60	15.21	32.81		
Moyennes..	17.67	14.71	32.38		

TABLEAU VI. — CENTRE DE LA TIGE.

NUMÉROS des essais.	GLUCOSE.	SUCRE.	TOTALITÉ.	MATIÈRE SÈCHE p. 100.	DENSITÉ.
1	22.72	13.10	35.82	Moy. 17.06	Moy. 0.805
2	22.51	12.94	35.45		
3	22.63	13.30	35.93		
Moyennes..	22.62	13.11	35.73		

TABLEAU VII. — HAUT DE LA TIGE.

NUMÉROS des essais.	GLUCOSE.	SUCRE.	TOTALITÉ.	MATIÈRE SÈCHE p. 100.	DENSITÉ.
1	21.47	11.02	32.69		
2	21.72	10.83	32.55	Moy. 11.31	Moy. 0.872
3	21.28	10.91	32.19		
Moyennes..	21.49	10.92	32.41		

Les tableaux V, VI et VII nous permettent de constater l'inégale répartition des principes sucrés. Le sucre de canne va constamment en diminuant de la partie inférieure à la partie supérieure, où il atteint son minimum; le glucose suit au contraire une marche irrégulière : son minimum est à la base de la tige, tandis que son maximum se trouve dans la partie centrale. Nous voyons, en outre, que la répartition totale des sucres n'est pas partout la même : la partie centrale est la plus riche; le bas et le haut de la tige présentent la même richesse. De ces faits il semble résulter qu'au moment où nous fîmes nos analyses la migration commençait à se faire. Cette hypothèse s'appuie sur ce que l'excès de matière sucrée porte sur le glucose, qui, comme on le sait, est la forme habituelle de voyage des hydrates de carbone. Cette inégalité dans la répartition des matières sucrées avait été constatée sur l'avoine par M. Dehérain. Toutes les plantes en général présentent cette inégalité variant, du reste, avec l'époque à laquelle on les étudie.

Si dans les tableaux V, VI et VII nous comparons la matière sèche aux quantités correspondantes de sucre ou de glucose, nous voyons qu'il n'y a aucun rapport. Cette conclusion aurait également pu être tirée d'une analyse de canne à sucre faite par M. Péligot et dont voici les résultats :

	Eau.	Mat. solubles. Sucre.	Ligneux.
Partie inférieure............	73.7	15.5	10.8
— centrale.............	72.6	16.5	10.9
— supérieure...........	72.8	15.5	11.7

Cependant Leplay admettait, pour le sorgho, un rapport intime

entre le ligneux et le sucre. Casaseca, professeur de chimie à la Havane, arrivait à la même solution pour la canne à sucre. Mais, d'après ces deux expérimentateurs, il fallait que la plante fût arrivée à maturité. Si donc la plante est encore verte et la panicule incomplètement formée, et si la végétation a lieu sous un climat humide, il n'y a entre le ligneux des différentes parties de la tige et le sucre aucun rapport. Il n'en est pas de même pour la densité, qui paraît être en raison inverse de la quantité de glucose.

	Glucose.	Densité.
Bas de la tige........................	17.67	0.980
Centre............................	22.62	0.805
Haut de la tige........................	21.49	0.872

Répartition du sucre et du glucose dans le parenchyme et la moelle des différentes parties de la tige effeuillée.

Mode d'opérer. — On choisit trois tiges aussi semblables que possible aux précédentes. On effeuille, on prend, dans les trois pieds, les échantillons à la même hauteur, puis on procède à la séparation du parenchyme de la moelle ; cette séparation, quoique délicate, se fait assez bien avec un bon canif, l'habitude et l'attention aidant. Tous les fragments ainsi obtenus sont découpés en morceaux encore plus petits sur lesquels porte l'analyse. Par ce moyen on n'a pas rigoureusement séparé la moelle du parenchyme, mais les procédés employés étant toujours les mêmes, les résultats sont comparables.

TABLEAU VIII. — SUCRE ET GLUCOSE PAR KILOGRAMME DE PARENCHYME ET DE MOELLE DANS LE BAS DE LA TIGE.

Numéros des essais.	PARENCHYME.					Numéros des essais.	MOELLE.				
	Glucose.	Sucre.	Totalité.	Matière sèche p. 100.	Densité.		Glucose.	Sucre.	Totalité.	Matière sèche p. 100.	Densité.
1	25.87	12.02	37.89			1	12.09	18.57	30.66		
2	24.96	12.92	37.88	19.6	1.027	2	11.80	18.20	30.00	10.52	0.946
3	25.5	12.99	38.49			3	12.40	19.40	31.80		
Moy.	25.44	12.58	38.02			Moy.	12.09	18.73	30.82		

TABLEAU IX. — SUCRE ET GLUCOSE PAR KILOGRAMME DE PARENCHYME ET DE MOELLE DANS LA PARTIE CENTRALE.

Numéros des essais.	PARENCHYME. Glucose.	Sucre.	Totalité.	Matière sèche p. 100.	Densité.	Numéros des essais.	MOELLE. Glucose.	Sucre.	Totalité.	Matière sèche p. 100.	Densité.
1	23.22	10.50	33.72			1	21.86	14.92	36.78		
2	23.01	10.82	33.83	20.4	1.021	2	21.70	15.22	36.92	14.35	0.562
3	22.80	10.38	33.18			3	21.78	14.72	36.50		
Moy.	23.01	10.37	33.38			Moy.	21.78	14.95	36.73		

TABLEAU X. — SUCRE ET GLUCOSE PAR KILOGRAMME DE PARENCHYME ET DE MOELLE DANS LE HAUT DE LA TIGE.

Numéros des essais.	PARENCHYME. Glucose.	Sucre.	Totalité.	Matière sèche p. 100.	Densité.	Numéros des essais.	MOELLE. Glucose.	Sucre.	Totalité.	Matière sèche p. 100.	Densité.
1	19.42	10.42	29.84			1	19.92	9.26	29.16		
2	19.25	10.20	29.45	13.95	1.020	2	20.78	9.31	30.09	9.07	0.750
3	18.97		29.12			3	21.05	9.04	30.09		
Moy.	19.21	10.22	29.43			Moy.	20.57	9.20	29.77		

Résultats obtenus. — Les tableaux VIII, IX et X, dans lesquels sont consignés les résultats obtenus nous montrent que la somme des principes sucrés contenue dans les deux tissus, moelle et parenchyme, est très sensiblement la même; tous ces principes, à l'exception du glucose, de la moelle, vont constamment en diminuant de la partie inférieure à la partie supérieure. La moelle de la partie centrale de la tige renferme le maximum de glucose; le minimum se trouve dans la moelle du bas de la tige.

D'après notre hypothèse émise précédemment sur la migration du glucose, il semble résulter ici que ce soit le glucose de la partie centrale qui émigre vers le haut de la tige.

Le fait le plus important qui ressort de ces tableaux est la ri-

chesse de la moelle en sucre comparée à celle du parenchyme, qui par contre est plus riche en glucose que la première. Cette richesse de la partie centrale en sucre cristallisable avait été signalée par M. Duchartre dans les plantes du genre houlque et plus particulièrement encore dans le sorgho. Casaseca avait reconnu le même fait pour la canne à sucre. Voici du reste une de ses analyses.

	Canne décortiquée.	Enveloppe.
Eau	77.8	69.5
Sucre et matières solubles	16.2	11.5
Ligneux	6.0	19.0

Répartition du sucre et du glucose dans un kilogramme de matière sèche des différentes parties du sorgho.

A l'aide des données précédentes nous pouvons construire les tableaux XI, XII et XIII, qui nous montrent la répartition du sucre et du glucose par kilogramme de matière sèche.

TABLEAU XI. — RÉPARTITION DU SUCRE ET DU GLUCOSE DANS UN KILOGRAMME DE MATIÈRE SÈCHE DES DIFFÉRENTES PARTIES DE LA PLANTE.

	GLUCOSE.	SUCRE.	TOTAL.
Feuilles	27.29	22.01	49.30
Panicule	81.29	35.95	117.34
Bas de la tige	109.34	91.03	200.37
Partie centrale	132.58	76.84	209.42
Haut de la tige	188.94	93.36	289.30

TABLEAU XII. — RÉPARTITION DU SUCRE ET DU GLUCOSE PAR KILOGRAMME DE MATIÈRE SÈCHE DE PARENCHYME ET DE MOELLE DES DIFFÉRENTES PARTIES DE LA TIGE EFFEUILLÉE.

DÉSIGNATION des parties.	PARENCHYME.			MOELLE.		
	GLUCOSE.	SUCRE.	TOTALITÉ.	GLUCOSE.	SUCRE.	TOTALITÉ.
Bas de la tige	129.7	64.18	193.88	114.9	178.04	292.44
Centre	112.3	50.69	162.99	151.7	104.17	255.87
Partie supérieure	137.5	73.26	210.76	226.89	101.43	328.32

TABLEAU XIII. — DIFFÉRENCES ENTRE LE SUCRE ET LE GLUCOSE DU PARENCHYME ET LA MOELLE DES DIFFÉRENTES PARTIES DE LA TIGE.

	GLUCOSE.		DIFFÉRENCE.	SUCRE.		DIFFÉRENCE.
	PARENCHYME.	MOELLE.		PARENCHYME.	MOELLE.	
Bas de la tige..	129.7	114.9	— 14.8	64.18	178.04	+ 113.86
Centre.......	112.3	151.7	+ 39.4	50.69	104.17	+ 53.48
Haut de la tige.	137.5	226.89	+ 89.39	73.26	101.43	+ 28.17

Par l'inspection du tableau XI on voit que la totalité des sucres va constamment en diminuant des feuilles à la partie supérieure de la tige en passant par la panicule, le bas et le centre de la tige; le glucose suit la même marche, tandis que le sucre de canne présente dans la tige effeuillée, son minimum au centre.

Les tableaux XII et XIII nous montrent que la moelle est plus riche en principes sucrés que le parenchyme; cette supériorité porte sur le glucose et le sucre de canne. Nous remarquons en outre que cette différence diminue, pour le glucose, de la partie supérieure au bas de la tige, où celle de la moelle est négative; le sucre de canne va, au contraire, constamment en augmentant de la partie inférieure à la partie supérieure. Dans la moelle, le sucre et le glucose suivent une marche diamétralement opposée; dans le parenchyme, à une augmentation de glucose correspond sensiblement une même augmentation de sucre de canne.

Composition du sucre extrait du sorgho.

Nous terminons ce mémoire en rapportant ici une analyse du sucre de sorgho faite sur un échantillon provenant de l'exposition de 1878 par M. Pellet, chimiste de la C[ie] Fives-Lille.

Eau	1.72
Sucre	93.05
Glucose	0.41
Cendres	0.68
Matières organiques	4.14

M. Pellet a reconnu en outre la présence de la dextrine.

Cette analyse nous montre que les Américains ne sont pas encore parvenus à purifier d'une manière satisfaisante le sucre de sorgho. La forte proportion de matières organiques nous explique également la tendance de ce sucre à absorber l'humidité.

Conclusions. — Des faits établis dans ce mémoire nous pouvons conclure :

1° Que la richesse saccharine du sorgho végétant sous le climat de Paris pendant une année humide est très faible ;

2° La diminution des principes sucrés, que détermine une saison froide, porte principalement sur le sucre de canne ;

3° Les sucres sont inégalement répartis :

4° Dans les différentes parties de la tige effeuillée le sucre ou le glucose ne paraissent pas être une fraction constante de la matière sèche ;

5° Dans la tige effeuillée, le glucose est en raison inverse de la densité ;

6° La moelle est plus riche en sucre que le parenchyme, qui est lui-même plus riche en glucose ;

Les conclusions précédentes sont tirées de l'étude de la plante normale; celles qui suivent se rapportent à la matière sèche.

7° Dans la moelle la richesse en principes sucrés est en raison de la matière sèche ;

8° Prise dans son ensemble la moelle est plus riche en glucose et en sucre que le parenchyme.

Cependant cette supériorité diminue pour le glucose de la partie supérieure au bas de la tige ; le sucre au contraire va constamment en augmentant de la partie supérieure à la partie inférieure.

9° Dans la moelle, le sucre et le glucose suivent une marche opposée ; dans le parenchyme, à une augmentation de glucose correspond une augmentation de sucre.

SUR LE ROLE PHYSIOLOGIQUE DE L'ASPARAGINE.

RÉSUMÉ DES PRINCIPAUX TRAVAUX PUBLIÉS EN ALLEMAGNE ET EN RUSSIE

PAR

M. CAPUS,

Docteur ès sciences, attaché au laboratoire de culture du Muséum[1].

Depuis la publication du travail classique de M. Pfeffer relatif à la formation et au rôle de l'asparagine dans la germination, travail publié en 1872, la question a été reprise, les données de M Pfeffer ont reçu, soit une détermination plus précise, soit un complément. De tous ces travaux il résulte que l'asparagine, loin d'être une substance accidentelle et insignifiante pour la vie de la

1. Nous avons rejeté à la fin du résumé toutes les indications bibliographiques.

plante, comme on l'avait cru longtemps, est, au contraire, un des principes les plus importants dans le cycle de la végétation, et que son rôle peut rivaliser d'importance avec celui de l'amidon.

On admettait naguère, malgré les assertions de M. Hartig, qui, soupçonnant la présence de l'asparagine dans le plus grand nombre des phanérogames, ne soutenait pas ses opinions par des preuves expérimentales, que l'asparagine était une substance peu répandue dans les végétaux et qu'elle n'existait guère que dans les tissus en voie de développement de la graine des légumineuses et d'un certain nombre d'autres plantes, telles que les *Trapæolum*, *Helianthus tuberosus*, *Zea maïs*, *Tetragonolobus*, et du lupin. Huseman cependant avait retrouvé l'asparagine dans quelques feuilles et dans quelques tiges.

Cette manière de voir est aujourd'hui abandonnée, grâce aux nombreux travaux accumulés sur cette question en Allemagne, particulièrement dans ces derniers temps, après que l'idée féconde de M. Pfeffer eut élargi l'horizon du champ d'expériences. Les *Annales agronomiques* ont reproduit en extrait quelques-uns des travaux relatifs à cette question, à mesure qu'ils ont été publiés; mais au lieu de continuer ces traductions partielles, nous essaierons dans les pages suivantes de donner un aperçu général des recherches publiées sur ce sujet en Allemagne et en Russie, en suivant l'ordre de leur apparition successive, cet ordre étant nécessairement celui de l'*évolution* de la question.

En 1873, M. Pfeffer (2) publie un travail important sur l'influence de la lumière sur la régénération des matières albuminoïdes à l'aide de l'asparagine formée pendant la germination. La légumine de la graine des papilionacées est oxydée pendant la germination et donne naissance à de l'asparagine, qui sert à reconstituer, non plus de la légumine, mais de l'albumine. L'asparagine serait, comparativement à la légumine, plus pauvre en carbone et en hydrogène, plus riche en oxygène dans la proportion suivante :

Légumine.	Asparagine.	Différence.
C. 64.9	C. 36.4	+ 28.5
H. 8.8	H. 6.1	+ 2.7
N. 21.2	N. 21.2	0.0
O. 30.6	O. 36.4	— 5.8

Il faut donc que la légumine, pour donner naissance à de l'aspagine, cède une certaine quantité de carbone et d'hydrogène et

absorbe de l'oxygène. Le mécanisme de cette perte de carbone et d'hydrogène est encore obscur : peut-être est-il directement lié à la respiration ; peut-être aussi les matières protéiques se décomposent-elles en se combinant avec l'oxygène, pour donner naissance à de l'asparagine plus riche en azote et à une substance non azotée. En tout cas, presque la totalité de l'azote de la substance protéique est contenue dans l'asparagine, parce que, abstraction faite de très petites quantités d'ammoniaque, il ne se forme pas d'autres substances azotées.

L'asparagine, dont la présence dans les graines en germination ne eut être constatée que jusqu'au moment où toutes les matières protéiques de réserve sont employées; disparaît ensuite complètement, mais dans les plantes seulement qui se développent à la lumière.

M. Henneberg (3), rendu attentif par les travaux de Pfeffer, communique l'équation compliquée suivante d'aprés laquelle, en se basant exclusivement sur le calcul, il est vrai, on pourrait indiquer la régénération de l'albumine par l'asparagine et le glucose :

$C^{48} H^{38} N^{6} O^{16}$ (formule empirique de l'albumine d'après Playfair
$C = 6, O = 8$).
$= C^{24} H^{24} N^{6} O^{18}$ (3 équiv. d'asparagine).
$+ ^{32}C H^{32} O^{32}$ ($^{8}/_{3}$ » glucose).
$- C^{8} O^{16}$ (8 » CO^{2}).
$- H^{18} O^{18}$ (18 » HO).

Relevons un travail de MM. Hasliwetz et Habermann (4) d'après lequel la caséine, soumise à un traitement par l'acide chlorhydrique et le chlorure de zinc, donne naissance, en se décomposant, exclusivement aux produits suivants : acide glutaminique, acide aspartique, leucine, tyrosine et ammoniaque. On peut donc admettre que dans la caséine et dans les matières protéiques en général il préexiste des combinaisons organiques qui, chauffées en présence d'un acide ou d'un alcali, perdent de l'ammoniaque en se combinant avec l'eau et donnent de l'acide aspartique et glutaminique. Reste à savoir si ces substances sont identiques avec l'asparagine ordinaire et avec la glutamine, qui lui est homologue, mais qui n'a pas encore été isolée.

M. Ritthausen (5) trouve une substance analogue à l'asparagine dans les graines de vesce. Cette substance, qui est très riche en azote, cristallise en beaux prismes penniformes. Sa composition, qui répondrait à la formule empirique de $C^{8} H^{16} N^{3} O^{6}$ est la suivante :

$C = 38,31$ p. 100; $H = 7,09$; $N = 17,02$; $O = 37,58$;

En 1874 MM. R. Sachsse et W. Kormann (6) communiquent une méthode pour la détermination quantitative de quelques amides et notamment de l'asparagine, au moyen de l'acide azoteux. Les recherches qui ont été entreprises par les auteurs en se servant de cette méthode ont montré que la quantité absolue d'asparagine qui se forme pendant la germination est la même, que les graines se trouvent à la lumière ou dans l'obscurité, contrairement à ce que Pfeffer avait avancé à ce sujet. Des expériences sur les graines de pois ont montré que le tiers environ de l'azote soluble est contenu dans une combinaison qui peut être de l'acide aspartique ou glutaminique ou qui, probablement, est analogue à la substance que Ritthausen a découverte dans les graines de vesce. L'asparagine ne prendrait naissance que pendant la germination et ne serait pas contenue dans les graines de pois non germées.

M. V. Gorup. Besanez (7) a observé la formation de l'asparagine dans les graines de vesce en germination. L'asparagine ne se forme pas seule : elle est accompagnée d'une quantité notable de leucine. Quand la germination se faisait dans les conditions normales, c'est-à-dire à la lumière et dans une terre de jardin, ces substances ne se formaient pas. Au fur et à mesure que la leucine et l'asparagine se forment, la légumine contenue dans les graines non germées disparaît. La leucine se comporte comme l'asparagine. N'existant pas dans la graine non germée, elle ne se forme que pendant la germination. Elle n'accompagne pas toujours l'asparagine; d'après Kellermann les racines de *Scorzonera hispanica* et d'*Althœa* contiennent de l'asparagine et pas de leucine. Ainsi que Ritthausen l'avait indiqué, on a trouvé dans la graine non germée une petite quantité d'une substance cristallisable qui pourrait bien être de l'asparagine. M. Gorup est disposé à croire que la décomposition de la légumine en asparagine, leucine, etc., est due à un ferment contenu dans la graine. En traitant les graines de vesce par la glycérine, on a pu en effet en extraire un ferment qui agissait énergiquement sur l'amidon en le transformant en glycose et sur la fibrine en la transformant en peptones.

M. Laskovsky (8), dans un travail sur les phénomènes chimiques qui prennent naissance pendant la germination des graines de potiron, constate la formation de l'asparagine dans les graines de cette plante en germination. Les matières protéiques de réserve se transforment en substances actives (solubles) qui, par suite d'une

oxydation, donneraient le plus souvent naissance à de l'asparagine. La quantité d'azote gazeux dégagé en employant la méthode de Sachsse provient très probablement pour une grande partie de l'asparagine, puisque la quantité d'ammoniaque contenue dans la graine et dont Hosaeus a montré la formation pendant la germination, n'était guère notable. Il est probable, si l'on s'en rapporte au calcul des chiffres obtenus, que la formation de l'asparagine est dépendante de la température surtout pendant le cours d'une germination de longue durée. M. Laskovsky n'est cependant pas arrivé à obtenir l'asparagine cristallisée.

Enfin M. F. Bente (9) a recherché si l'asparagine, comme substance azotée, pourrait être de quelque utilité à la plante si on la faisait entrer comme principe azoté dans une solution nutritive.

Les résultats n'ont pas été très brillants, les plantes (maïs) étant restées plus faibles que celles qui se développaient dans les conditions normales. Toujours est-il que l'asparagine administrée au maïs dans une solution nutritive peut exercer sur le développement de la plante une influence aussi notable que celle qu'exercent d'autres principes azotés, tels que le phosphate d'ammoniaque.

En 1875 M. W. Detmer (10), dans un travail sur les processus chimiques qui prennent naissance pendant la germination du maïs, confirma les résultats obtenus par Pfeffer sur la présence de l'asparagine dans la graine germée. Ainsi que l'avaient déjà observé MM. Sachsse et Kormann pour les graines de pois, M. Detmer conclut de ses expériences que la quantité absolue d'asparagine qui dérive des substances protéiques pendant les premières phases de la germination du maïs, ne diffère pas si les graines germent dans l'obscurité ou à la lumière. Plus tard seulement les plantes croissant dans l'obscurité contiennent notablement plus d'asparagine que celles qui se développent à la lumière. Les conditions vitales ont en effet changé, car, tandis que les jeunes plantules trouvent dans l'endosperme des substances non azotées de réserve, suffisantes pour alimenter la respiration et la nutrition, il n'en est plus de même plus tard pour les plantules continuant à se développer dans l'obscurité. Presque toutes les substances de réserve non azotées ayant été utilisées pour les besoins fonctionnels de la jeune plante étiolée, les matières hydro-carbonées nécessaires à la reconstruction de la matière albuminoïde font défaut, et l'asparagine s'accumule.

M. E. Schulze et W. Umlauft (11) ont confirmé les expériences de Pfeffer et de Beyer sur l'accumulation de l'asparagine dans les graines germées de lupin, principalement de celles qui avaient germé dans l'obscurité. Les recherches ont porté sur le *Lupinus luteus*, cultivé à l'abri des rayons solaires, dans de l'eau distillée jusqu'à une hauteur de 10 à 12 centimètres. La détermination quantitative de l'asparagine a donné pour les jeunes plantules 17,8 d'asparagine sans eau p. 100 de matière sèche. En se servant, non de la méthode par cristallisation directe, mais de celle de Sachsse, on trouve 19,9 p. 100 d'asparagine. La formation de leucine que M. Gorup-Besanez a trouvée accompagnant celle de l'asparagine dans les graines de vesces en germination, n'a pas pu être constatée pour le lupin.

MM. E. Schulze et Urich (12) trouvent dans les betteraves une substance analogue à l'asparagine qui se décompose par l'ébullition dans de l'acide chlorhydrique avec dégagement d'ammoniaque. Ces betteraves étaient d'ailleurs plus riches en amides qu'en substances albuminoïdes. L'azote des amides s'élevait de 34 à 45, 7 p. 100 de l'azote total, tandis que celui des substances albuminoïdes ne figurait que pour une quantité comprise entre 21,6 et 38,9 p. 100.

M. Mercadante (13) nous donne également quelques chiffres intéressants sur la quantité d'asparagine formée dans les graines germées du *Lupinus luteus* et du *Phaseolus vulgaris*, que nous résumons dans le tableau ci-joint :

GRAINES GERMÉES.	LONGUEUR de l'axe hypocotylé.	ASPARAGINE.	ACIDE aspartique.	ACIDE succinique.
		PHASEOLUS VULGARIS		
	m.	gr.		
a. Dans l'obscurité.	0.08	3.57	traces.	
	0.10	2.46	0 53	traces.
	0.25	2.15	0.75	0.62
b A la lumière....	0.08	3.92	traces.	
	0.15	2.29	0.68	quant. notabl.
	0.20	traces.	quant. notabl.	0.92
		LUPINUS LUTEUS		
a. Dans l'obscurité.	0.08	15.25	traces.	quant. notabl.
	0.15	12.30	1.34	
b. A la lumière	0.09	14.42	traces.	
	?	3.23	2.14	1.26

On voit donc que les différences dans les quantités d'asparagine formées dans les graines germant à la lumière et dans l'obscurité ne sont pas très grandes, et que l'asparagine diminue avec les progrès de la germination dans les deux cas. Ces chiffres confirment également une remarque de M. Detmer, rapportée plus haut, d'après lequel les graines de pois germées dans l'obscurité contiennent, dans une phase déjà avancée de la germination, plus d'asparagine que celles qui ont germé à la lumière. M. Mercadante croit que l'asparagine peut se transformer dans l'organisme végétal par les mêmes causes que celles que nous pouvons faire intervenir dans les manipulations du laboratoire, comme par exemple la fermentation et autres. L'asparagine ne serait pas transformée en substance albuminoïde, mais l'ammoniaque développée lors de la décomposition de l'asparagine servirait à la formation des principes azotés des plantes.

Dans un travail subséquent M. Ritthausen (14) s'occupe de nouveau de cette substance cristallisable qu'il avait trouvée dans les graines de vesce (ainsi que M. Gorup-Besanez) et qu'il avait cru analogue à l'asparagine. Cette substance, à laquelle il attribue définitivement la formule $C^8H^{16}N^3O^6$ diffère de l'asparagine par plusieurs réactions, et l'auteur lui donne le nom de *vicine*.

M. R. Sachsse (15), à qui l'on doit une méthode de dosage de l'asparagine très employée aujourd'hui, examine la question théorique de la reconstitution des matières albuminoïdes par l'asparagine. M. Sachsse base le calcul des formules, non pas sur celle de l'asparagine $C^4H^5N^2O^3$ mais sur une combinaison hypothétique plus pauvre que l'asparagine de deux molécules d'eau, substance qui répondrait à la formule $C^4H^4N^2O$, nitrile hypothétique de l'acide malique. La formation de la substance protéique par ce dernier nitrile serait possible en admettant sa réunion à un groupe non azoté C^3H^4O qui répond à la formule des aldéhydes de la série grasse $C^nH^{2n}O$. Une combinaison de cette nature n'est pas impossible, puisque la combinaison du nitrile le plus simple, l'acide cyanhydrique, avec certaines aldéhydes nous en fournit un exemple.

En 1876 MM. Schulze, Umlauft et Urich (16) publient un nouveau travail sur les phénomènes chimiques qui prennent naissance pendant la germination du *Lupinus luteus*. Les chiffres obtenus nous montrent que la quantité de matières solubles dans l'eau s'est considérablement augmentée durant la germination et que ce sont prin-

cipalement les matières albuminoïdes qui éprouvent pendant ce temps des transformations profondes. De 45,07 p. 100 de matières albuminoïdes qui se trouvent dans les graines non germées, il ne reste plus que 11,66 p. 100 après une germination de douze jours; 33,41 p. 100 ont été par conséquent transformés en produits de nature différente parmi lesquels l'asparagine figure pour la plus grande quantité. Après une germination de 15 jours le quart de la substance sèche des graines germées est de l'asparagine. La conglutine est, parmi les matières albuminoïdes, probablement celle qui fournit les matériaux pour la formation de l'asparagine. Cette dernière contient au plus 63,5 p. 100 de la conglutine décomposée. Il s'agirait de savoir quelles sont les autres combinaisons azotées qui ont employé les 36,5 p. 100 restants. Il s'était bien formé d'autres amides avec l'asparagine, mais leur nature chimique n'a pas pu être déterminée. D'après M. Th. Weyl (17) les matières albuminoïdes telles que la légumine et la conglutine seraient à considérer plutôt comme un mélange de plusieurs matières protéiques. Ainsi la légumine que l'on a extraite des amandes douces et de la farine de pois (Aug. Schmidt) et que Ritthausen a obtenue de l'avoine, des pois, des lentilles, des haricots, des vesces, etc., serait un mélange de vitelline et de myosine végétales. D'après Weyl on ferait bien de renoncer au terme de légumine pour désigner certaines substances globulines végétales.

M. Thaddaüs Blociszewski (18) a essayé de remplacer l'endosperme du seigle et les cotylédons des graines de pois par différentes substances nutritives et entre autres par de l'asparagine. Cette substance, qui, comme l'a montré M. Bente, peut être administrée utilement à la jeune plante par les racines (maïs), n'est pas absorbée par l'embryon du seigle, tandis que celui des graines de pois l'absorbe d'autant plus facilement que la solution est moins concentrée; tandis qu'une solution d'asparagine à 2 gr., 5 p. 100 d'eau est profitable à la jeune plantule du pois, le seigle cesse de se développer dès qu'on ajoute de l'asparagine à n'importe quel degré de concentration.

Nous avons donné dans les *Annales agronomiques* (19) une traduction du mémoire important de M. Borodine sur la respiration des rameaux feuillus, dans lequel il adopte la théorie de M. Pflüger sur le rôle des produits de dissociation des matières albuminoïdes.

Dans un travail complémentaire sur les principes azotés des bette-

raves, publié en 1877, MM. E. Schulze et A. Urich (20) donnent des déterminations plus complètes sur la présence et le rôle des amides dans les plantes. En traitant le jus de betterave préalablement par l'acétate de plomb et en laissant bouillir la liqueur filtrée pendant quelque temps avec de l'acide chlorhydrique, on arrive à transformer l'amide en acide amidé qui à son tour est susceptible d'être obtenu cristallisé. Cet acide amidé est l'acide glutaminique $C^5H^9NO^4$, identique, malgré de légères différences, avec l'acide glutaminique que Ritthausen a obtenu des matières albuminoïdes. En outre on a trouvé de petites quantités d'acide aspartique. Ces substances ne se rencontrent dans le jus frais ni à l'état libre, ni sous forme de sels, car on n'obtient pas de cristallisations sans un traitement préalable à l'acide chlorhydrique. De ce fait et du dégagement d'ammoniaque avec le traitement à chaud par l'acide chlorhydrique, on peut conclure que les acides susdits se retrouvent dans le jus frais intégralement sous forme de leurs amides correspondants : asparagine et glutamine ($C^5H^8NO^3NH^2$). Cette dernière substance n'a pas encore été isolée. Elle paraît être très soluble dans l'eau, car on n'a pu l'obtenir par cristallisation. L'asparagine ne cristallise pas non plus à cause des petites quantités contenues dans le jus. En admettant la théorie de Pfeffer sur le rôle de l'asparagine transitoire, il est assez naturel de conclure que l'asparagine et les amides du même groupe, si on les rencontre dans des organes servant de magasins de réserve, doivent être considérés comme des matières de réserve qui émigrent dans les jeunes pousses en voie de développement pour y servir à la régénération des matières albuminoïdes. Cette hypothèse a été trouvée exacte par l'expérience.

Dans la première série d'expériences, qui date de 1875, les betteraves ont poussé dans un sol dépourvu de matières azotées. On comparait les quantités de matières azotées contenues dans les betteraves avant et après qu'elles avaient poussé des feuilles. On trouva une diminution considérable de l'azote sous forme d'amides qui ont dû avoir passé dans les feuilles. Celles-ci, très peu développées, comme il était à prévoir dans les mauvaises conditions de culture, accusèrent une augmentation minime d'amides, ce qui fait supposer que ces substances ont dû être très rapidement transformées en matières albuminoïdes. Tandis que la diminution des amides dans la racine était considérable, cette diminution n'était même pas sensible pour les matières albuminoïdes. Ce fait paraît

moins étrange quand on se rappelle que les amides traversent les membranes par dialyse bien plus facilement que les substances albuminoïdes. On peut donc tirer de ces observations cette conclusion importante, c'est que ce sont principalement les amides qui fournissent l'azote aux jeunes feuilles des betteraves, tandis que la plus grande partie des autres matières azotées reste dans les racines.

Dans une seconde série d'expériences, réalisées en 1876, les betteraves furent plantées à la fin d'avril dans une terre de jardin et récoltées à la mi-juin. Elles avaient développé de nombreuses pousses atteignant une hauteur de $0^{m},50$. L'analyse de ces racines n'a plus donné que 31 p. 100 de la quantité d'amides contenus dans les racines avant le développement des feuilles. L'analyse des feuilles a donné tout au plus des traces d'amides, de sorte que ceux-ci ont été employés à la formation des matières albuminoïdes dès leur entrée dans la feuille. Des betteraves récoltées au mois de juillet contenaient également de faibles quantités d'amides; dans ce cas cependant, il n'y avait plus diminution, malgré le développement plus avancé des feuilles. Peut-être y a-t-il eu entre temps production nouvelle d'amides dans la racine aux dépens des combinaisons azotées absorbées du sol. La bétaïne des racines de betteraves a éprouvé une diminution rapide dans le cours de la végétation. Enfin, on a pu constater qu'une quantité relativement petite de nitrates se rend dans les feuilles pour y être employée à la formation de combinaisons organiques azotées. Conclusion : les matières de réserve azotées des betteraves les plus importantes sont les amides (glutamine et asparagine) et la bétaïne. Ces substances se rendent de la racine aux jeunes pousses au développement desquelles elles sont destinées.

M. Emmerich Meissl (21) a trouvé dans l'orge germée du malt une certaine quantité d'asparagine qui s'élève à 1,96 p. 100, en opérant par la méthode de Sachsse, mais qui monte à 2,66 p. 100 quand on emploie le procédé modifié par l'auteur. En généralisant peut-être un peu trop rapidement, M. Meissl admet que les conclusions que Pfeffer a tirées de la présence de l'asparagine dans les graines germées des légumineuses sont applicables aux graminées. L'auteur appelle également l'attention sur l'importance de l'asparagine de l'orge du malt dans l'emploi de ces résidus à la nutrition du bétail.

M. Gotthold Kühnemann (22) a observé que, lors de la germination de l'orge, les matières protéiques donnent naissance à de la sinistrine et à des corps albuminoïdes solubles dans l'eau à une température de 60°. Ces substances sont doubles, l'une est coagulable et l'autre soluble par certaines manipulations. Cette dernière serait de la *phytoleucomine*.

M. Emmerich Meissl avait déjà montré qu'en se servant de la méthode de Sachsse pour le dosage de l'asparagine on s'exposait à commettre certaines erreurs de calcul quelquefois considérables.

M. Schulze (23), en discutant l'exactitude de la même méthode pour l'analyse quantitative des amides à l'aide de l'acide azoteux, appelle l'attention sur ce fait que certains amides donnent plus d'azote qu'ils ne devraient en céder d'après la formule, contrairement à ce qui arrive pour l'asparagine : $2\ (C^4H^8N^2O^3) + H^2O + N^2O^3 = 2\ (C^4H^6O^5) + 2NH^3 + 4\ N$. Cet inconvénient provient de ce que certains mélanges d'amides, extraits des plantes, contiennent des substances du groupe NH^2 qui donnent des réactions inconstantes avec l'acide azoteux. Pour éviter cette cause d'erreur on devrait préalablement faire bouillir le mélange avec de l'acide sulfurique dilué, ce qui transformerait les groupes NH^2 en NH^3 et ensuite faire agir l'acide azoteux. La quantité d'azote dégagée à l'état libre, divisée par 2, serait ajoutée à la quantité d'azote dégagée sous la forme NH^3, ce qui donnerait le chiffre répondant à la formule des amides.

D'après ses propres expériences, M. Laskowsky avait cru pouvoir admettre la présence de l'asparagine dans les graines germées de potiron. MM. Schulze et Barbieri (24) montrent aujourd'hui que l'asparagine est remplacée dans la jeune plantule de potiron principalement par de la glutamine, jouant le même rôle physiologique que l'asparagine. En employant la méthode perfectionnée de Schulze, on trouve dans 100 de matière sèche 3,86 p. 100 d'acide glutaminique provenant de la glutamine et peu d'acide aspartique. La glutamine n'existe pas dans les graines non germées. Il existe dans les graines germées de petites quantités d'asparagine, et en outre une substance qui dégage de l'azote, directement et sans l'emploi de l'acide chlorhydrique. Cette substance peut être composée de sels ammoniacaux, car en employant la méthode de M. Schlœsing on peut démontrer l'existence d'ammoniaque. Il doit exister dans les graines germées de potiron, outre la glutamine,

l'asparagine et les sels ammoniacaux, une quatrième substance qui doit pouvoir être décomposée par la soude bromée.

Plus tard, en 1878, les mêmes auteurs ont constaté la présence de la tyrosine en petites quantités dans les graines de potiron germées de deux, trois semaines. Enfin la tyrosine est accompagnée d'une substance qui semble être de la leucine.

M. Gorup-Besanez (25) est arrivé à extraire de l'acide glutaminique du jus des graines de vesce germées. La méthode employée était celle de MM. Schulze et Barbieri.

MM. Schulze et Barbieri (26) ont publié en 1877 les résultats de leurs recherches sur les amides des pommes de terre. On savait que l'azote des pommes de terre n'est pas contenu exclusivement dans les matières albuminoïdes, mais qu'il en revient une certaine partie à l'asparagine et à la solanine. On obtient par cristallisation d'après la méthode de Sachsse 67,6 d'asparagine pour 100 du jus exprimé. Ce chiffre ne représente pas la quantité totale de l'asparagine contenue dans le jus; la méthode par cristallisation est impuissante à la déterminer. A côté de l'asparagine, il existe dans la pomme de terre d'autres combinaisons amidées acides. La glutamine, qui a été trouvée accompagnant l'asparagine dans d'autres plantes, ne semble pas exister dans la pomme de terre, parce qu'on n'a pas trouvé trace d'acide glutaminique; l'azote dégagé sous l'influence de la soude bromée provient d'une combinaison azotée organique qu'il n'a pas été possible de déterminer. Voici quelques chiffres :

POMMES de terre.	LE JUS FRAIS CONTIENT		
	ALBUMINE.	ASPARAGINE.	ACIDES AMIDÉS de nature indéterminée.
I	1.231 °/₀ avec 0.1970 °/₀ Az.	0.477 °/₀ avec 0.1042 °/₀ Az.	? avec 0.0701 °/₀ Az.
II	1.323 °/₀ avec 0.2117 °/₀ »	0.434 °/₀ avec 0.0920 °/₀ »	? avec 0.0673 °/₀ »
III	0.756 °/₀ avec 0.1209 °/₀ »	0.470 °/₀ avec 0.0996 °/₀ »	? avec 0.1156 °/₀ »
IV	0.943 °/₀ avec 0.1508 °/₀ »	0.505 °/₀ avec 0.1072 °/₀ »	? avec 0.0894 °/₀ »
V	1.264 °/₀ avec 0.2023 °/₀ »	0.328 °/₀ avec 0.0696 °/₀ »	? avec 0.0669 °/₀ »

D'après les analyses, le jus exprimé contient de 75,6 à 86 p. 100 de la quantité d'azote totale.

Voici les proportions des substances azotées contenues dans les tubercules frais ;

POMMES de terre.	ALBUMINE INSOLUBLE.	ALBUMINE SOLUBLE.	ASPARAGINE.	ACIDES AMIDÉS de nature indéterminée.
I	0.431 % avec 0.069 % Az.	0.895 % avec 0.143 % Az.	0.347 % avec 0.074 % Az.	? avec 0.0510 % Az.
II	0.288 % 0.046 % »	0.980 % 0.157 % »	0.321 % 0.068 % »	? 0.0498 % »
III	0.363 % 0.058 % »	0.500 % 0.080 % »	0.311 % 0.066 % »	? 0.0768 % »
IV	0.294 % 0.047 % »	0.719 % 0.115 % »	0.385 % 0.082 % »	? 0.0682 % »
V	0.544 % 0.087 % »	0.919 % 0.147 % »	0.239 % 0.051 % »	? 0.0487 % »

La quantité totale de l'azote est répartie à 56,2 p. 100 sur les matières albuminoïdes et à 43,8 p. 100 sur les autres substances. Ces chiffres permettent d'évaluer avec plus de précision la valeur nutritive des pommes de terre.

M. Hugo de Vries (27) a commencé une série de monographies physiologiques des principales espèces végétales cultivées. Dans la première partie, consacrée à l'histoire de la germination du trèfle incarnat, il y a des idées intéressantes concernant la migration des principes. Les matières nutritives azotées sont réparties sous forme d'albumine dans toutes les cellules de la graine en repos. L'albumine sert à la formation du protoplasma et joue un rôle capital dans la division et dans les premiers phénomènes d'accroissement des cellules. Dès qu'une cellule commence à s'allonger rapidement elle ne contient plus d'albumine. C'est pour cela que dans les phases avancées de la germination on ne trouve de l'albumine que dans les cotylédons, dans l'extrémité radiculaire, dans la plumule et le liber mou. A la fin de la première période germinative, toute albumine a disparu des cotylédons. Toute cette albumine n'a pourtant pas été employée pour la construction de la plante : une grande partie en a été transformée en asparagine qui, en présence de matières hydrocarbonées, principalement de l'amidon, pourra reconstituer de la matière albuminoïde. A la fin de la première période germinative, on trouve de l'asparagine dans tous les points de l'axe. Quant aux graines germées dans l'obscurité, elles se dis-

tingueraient des graines normalement développées entre autres par la persistance de l'asparagine dans les tissus. Ce travail de M. Hugo de Vries mérite beaucoup d'attention. Les observations microscopiques y forment le complément des expériences physiologiques, méthode expérimentale trop peu suivie jusqu'à ce jour.

Dans ses *Recherches physiologiques sur la germination* (28), publiées en 1879, M. Detmer nous donne des renseignements importants sur le degré de solubilité de l'asparagine. Cette substance ne se rencontre, comme on sait, dans les plantes qu'à l'état dissous. Si on considère que cet amide est assez peu soluble dans l'eau et si, d'un autre côté, on se rappelle que l'asparagine est quelquefois contenue dans les graines germées en quantités considérables, on doit se demander si l'eau seule suffit à dissoudre cette asparagine. Il paraît pourtant en être ainsi, car, d'après les expériences de M. Detmer, les substances solubles contenues dans les graines de lupin n'exercent pas une influence notable sur le degré de solubilité de l'asparagine. Il en est de même des substances qui prennent naissance lors de la germination de ces graines. Les substances protéiques contenues dans la graine ne peuvent pas émigrer comme telles d'une cellule à l'autre, il faut qu'elles soient transformées en substances capables de traverser les membranes cellulaires et la couche pariétale de protoplasma, conclusion importante au point de vue du rôle de l'asparagine.

Nous avons donné dans les *Annales agronomiques*, octobre 1879, p. 467, la traduction du mémoire de M. Borodine sur le rôle physiologique et la répartition de l'asparagine dans le règne végétal. Ce travail nous apprend que l'asparagine est une substance bien plus répandue qu'on ne l'avait cru jusqu'à présent et que son importance physiologique est en rapport avec sa fréquence dans les différents organes.

Dans un travail plus récent, M. O. Kellner (29) arrive aux mêmes conclusions, c'est-à-dire que dans une série de plantes il trouve une quantité considérable d'azote contenu, non dans des substances albuminoïdes, mais dans certains acides amidés et amides acides, et qu'en dehors de ces substances il existe probablement dans les plantes d'autres combinaisons azotées ne faisant pas partie du groupe des matières protéiques. L'analyse des parties vertes de quelques espèces arborescentes et de quelques conifères a prouvé l'existence dans ces parties de quantités notables de combinaisons

amidées. Conclusion : Les amides acides et les acides amidés se forment dans les conditions normales de végétation et aux différents degrés de développement de toutes les plantes vertes en quantités très notables. Pour les graminées et les plantes prairiales en général, on peut constater qu'il se forme des substances albuminoïdes au moyen des combinaisons azotées non albuminoïdes d'autant plus considérables qu'on approche davantage de l'époque de la maturation; les papilionacées telles que les luzernes et le trèfle incarnat se comportent différemment, en ce sens qu'elles accusent des différences moins grandes dans le cours de leur développement. Il paraît donc qu'en règle générale les plantes dont le cycle végétatif est plus court et qui, à une époque déterminée qui est ordinairement l'époque de la floraison, ont cessé leur activité assimilatrice, transforment rapidement leurs combinaisons azotées en matières albuminoïdes. Dans les plantes perennantes au contraire, qui, concurremment avec la formation des fleurs et des fruits, augmentent sans cesse leurs organes végétatifs, cette transformation des combinaisons azotées en matières albuminoïdes semble s'opérer moins régulièrement et ne prendre fin qu'avec la croissance.

La dissociation et la régénération de l'albumine, qui d'après M. Borodine a lieu constamment pendant l'activité vitale de la cellule, n'aurait probablement pas son siège là où s'opère la dissociation, mais bien à l'endroit où les matériaux non azotés seraient accumulés ou assimilés. Une plante respirant énergiquement devrait par conséquent renfermer toujours des produits de la dissociation de l'albumine en train d'effectuer leur migration.

Le nombre des cellules vitales actives varie avec le développement différent de la plante. Il est naturellement très réduit dans les premières périodes de la vie. Si maintenant la quantité de protoplasma est en rapport à peu près simple avec le nombre de ces cellules, la quantité d'azote contenue sous forme de matière albuminoïde dans la jeune plantule (excl. graine) durant les premières phases du cycle végétatif doit être très réduite. Une accumulation de substance protoplasmique déterminerait des conditions anormales, parce que, dans ce cas, la formation d'acide carbonique serait activée. Il faut ajouter que tous les matériaux non azotés sont appelés à servir à la formation de nouvelles cellules. Tout cela peut expliquer que la régénération des matières albuminoïdes se fait lentement.

Quelques expériences sur des pois, relatives à la formation de matières albuminoïdes à l'aide des combinaisons azotées inorganiques, montrent clairement que les acides amides peuvent prendre naissance de combinaisons azotées inorganiques. Ces dernières ne présentent pas toujours une transformation aussi rapide. On sait, en effet, que certaines plantes contiennent encore à des périodes très avancées de leur développement des quantités considérables d'acide azotique. Il en est de même des combinaisons azotées non albuminoïdes qui, jusqu'à l'époque de la maturation, ne sont pas toujours transformées en matière albuminoïde, mais sont, d'après les observations de M. Schulze emmagasinées comme telles dans la graine ou dans le tubercule. Ces phénomènes peuvent être constatés dans les betteraves (Oberndorf, les) tubercules de topinambour et les pommes de terre. Il n'est pas invraisemblable que l'absence de certaines substances minérales (cfr. Bœhm.) nécessaires à la formation et à la migration de substances albuminoïdes jointe à la présence de quantités suffisantes ou trop fortes d'azote ne détermine une accumulation plus considérable de combinaisons azotées non albuminoïdes. La vérification de cette hypothèse pour le lupin aurait actuellement une importance pratique considérable.

Le mémoire de M. E. Schulze (30) sur la *Décomposition des matières albuminoïdes dans les plantes* a été traduit dans les *Annales agronomiques*, avril 1879. Rappelons brièvement que M. Schulze discute les conditions de formation et d'utilisation de l'asparagine et qu'il appelle l'attention sur l'étude des substances non azotées nécessaires à l'asparagine pour reconstituer les matières albuminoïdes, ainsi que sur le rôle des amides qui, semblent, comme la glutamine, pouvoir remplacer physiologiquement l'asparagine.

Enfin, après tant de travaux théoriques sur le rôle physiologique des amides, on en est venu à se demander si l'asparagine n'avait pas une influence économique sur la nutrition animale, question que M. Meissl avait déjà soulevée à propos de l'asparagine du mal et qui est d'autant plus importante que l'on sait aujourd'hui que l'asparagine se rencontre dans la majorité (d'après M. Kellner dans toutes) des plantes vertes, dans le malt, les tubercules, etc. MM. Weiske, Schrodt et V. Dangel (31) ont fait à ce sujet quelques essais. Ils ont mis à un régime déterminé des lapins, des poules et des moutons de la race Southdown. Dans ce régime on donnait aux

animaux une nourriture où les matières albuminoïdes étaient remplacées par de l'asparagine et par de la colle et de l'asparagine. De ces expériences on peut conclure que l'asparagine exerce sur la nutrition animale une influence très marquée, en ce sens que cet amide, aussi bien que la colle forte, est une matière nutritive qui, en empêchant la dissociation de l'albumine dans les processus physiologiques de la nutrition, favorise l'accumulation des matières albuminoïdes même en présence d'une nourriture pauvre en substances azotées de cette espèce.

Tels sont les principaux travaux sur les amides et principalement sur l'asparagine qui ont paru en Allemagne dans ces derniers temps. Les faits observés sont nombreux, mais restent insuffisants pour établir la théorie physiologique de l'asparagine. Il reste à éclaircir certains points controversés et à en déterminer plus exactement d'autres. Il faut surtout caractériser le rôle des produits secondaires de la dissociation de la matière albuminoïde, rechercher les équivalents physiologiques de l'asparagine, comme le semble être la glutamine, trouver si l'asparagine ne prend naissance que pendant la germination (asparagine blastémique de Boussingault) et dans les organes verts, ou si, comme MM. Portes et Prunier l'ont montré pour les amandes douces, elle existe également dans certaines graines non germées, et enfin pénétrer plus profondément dans le mécanisme intime de la dissociation et de la régénération de la substance albuminoïde.

1. *W. Pfeffer.* — Untersuchungen ueber die Proteïnkörper (Jahrb. für wissensch, Botan. 1872, t. VIII, p. 429).
2. *W. Pfeffer.* — Ueber die Beziehungen des Lichts zur Regeneration von Eiweisstoffen aus dem beim keimungsprocess gebildeten Asparagin. (Monatsbl. der kgl. Akademie der Wiss. Berlin, 1873, p. 780 et Just. Jahresb., 1873, p. 321.) V. id. Ann. agron. 1875, p. 60.
3. *W. Henneberg.* — Ueber das genetische Verhaeltniss der Asparaginsaeure zum Eiweiss (Landwirthsch, Versuchst. Band XVI, p. 184 et Just. Jahresb., 1873, p. 323).
4. *Hasliwetz et Habermann.* — Ueber die Proteïnstoffe (Annal. der Chemie et Pharmacie. t. 169, p. 150 et Just., Jahresb, 1873, p. 292).
5. *Ritthausen.* — Notiz ueber die Asparagin-achnliche Substanz in Wickersamen (Journ. f. prakt. Chemie, Neue folge, t. VII, p. 374 et Just. Jahresb, 1873, p. 295.)
6. *R. Sachsse et W. Kormann.* — Ueber die Entstehung von Asparagin in keimenden Erbsen nebst einigen Versuchen zur Bestimmung stickstoffhaltiger Koerper in denselben (versuchst. 1874, p. 88, et Just. Jahresb., 1874, p. 833)

et id ueber eine Methode zur quantitativen Bestimmung einiger Amide mittels salpetriger Saeure (id.)

7. *V. Gorup-Besanez.* — Leucin neben Asparagin im keimsafte der Wickensamen und ueber ein in demselben auftretendes ferment. (Ber. VII, p. 146, etc.) V. id. Ann. agronom. 1876, 2, p. 624 et 1875, p. 61.

8. *N. Laskovsky.* — Ueber einige chemische Vorgaenge bei der keimung der Kuerbissamen (Landw. Versuchst. 1874, p. 219. — Biedermann's Centralbl. 1875, H. IV, p. 267, Just. Jahresb., 1874, p. 830 et Ann. Agron. 1875, p. 49.)

9. *F. Bente.* — Vegetations versuche ueber die Stickstoffernaehrung der Pflanze (mitth. desagr.-chem. Lab.Goettingen. Jahrb. f. Landw., 1874, p. 113, Just. Jahresb, 1874, p. 838.)

10. *W. Detmer.* — Physiolog. chem. Unters. ueber die Keimung oelhalt, Samen et die Vegetat. von Zea Maïs (1875, Leipzig et Cassel, Just. Jahresb, 1875.)

11. *E. Schulze et W. Umlauft.* — Notiz ueber den Asparagingehalt von Lupinen — Keimlingen. (Biederm Centralb. 1875, H. VII, p. 23 — Landw. Versuchst. 18, 1875, p. 1. — Just. Jahresb., 1875.)

12. *E. Schulze et Urich.* — Ueber stickstoffhaltige Bestandtheile der Futterrüben (1875, Just. Jahresb.)

13. *M. Mercadante.* — Versuche ueber die Unwandlung des Aspar. in den Pflanzen. (Gazz. chem. — Ber. d. deutschen Ges. chem. 8, 1875, N° 11. — Biedern. Centralb. 1874, H. IX, p. 193. — Just. Jahresb. 1875.)

14. *H. Ritthausen.* — Ueber Vicin, einen Bestandtheil der Samen von *Vicia sativa* (Biederm. 1876, H. VII, p. 56 — Ber. d. d. chem. Ges. 9, 1876, N° 4. — Just. Jahresb., 1876, p. 867.

15. *R. Sachsse.* — Ueber den Zusammenhang von Asparagin et Proteïnsubstanz. (Sitzungsber. d. Naturf. Ges. Leipzig, III, p. 26. — Just. Jahresb., 1876, p. 868.)

16. *E. Schulze. W. Umlauft. A. Urich.* — Unters. ueber einige chem. Vorgaenge bei der Keimung der gelben Lupine (Landw. Jahrb., 1876, p. 821. — Just. Jahresb., 1876, p. 885.)

17. *Th. Weyl.* — Beitraege zur Kenntniss thierischer et pflanzlicher Eiweisskoerper. (Pflugers Archiv., t. XII — Just. Jahresb., 1875.)

18. *Thadd. Blocicewsky.* — Physiolog. Unters. ueber keimung und weitere Entwickelung einiger bedecktsamiger Pflanzen (Biederm., 1876, H. IX, p. 190, — Landw. Jahrb. 5, 1876, p. 145. — Just. Jahresb., 1876, p. 878.)

19. *Borodine.* — Sur la respiration des rameaux feuillus (Ann., agronom. 1878, 4, p. 607.)

20. *E. Schulze et A. Urich.* — Ueber stickstoffhaltige Bestandtheile der Futterrueben (Biederm. 1877, H. XI, p.339. — Landw. Versuchst., 1877, 20, p. 193. — Just. Jahresb., 1877, p. 608.)

21. *Emm. Meissl.* — Asparagin in Malzkeimen (Oesterr. landw. Wochenbl. 2, 1876, p. 298. — Biederm., 1877, t. II, p, 69.—Just. Jahresb., 1876, p. 901.)

22. *Gotth. Kühnemann.* — Ueber die organ. Bestandth. der Gerste und de Malzes. (Biederm. 1877, H. I, p. 42. — Ber. d. d. chem. Ges. 1876, 9, n° 15 et Just. Jahresb., III, p. 854 et IV, p. 787.)

23. *E. Schulze.* — Einige Bemerkungen ueber die Sachsse. — Kormann'sche

Methode Z. Best. des in Amid-form vorhandenen Stickstoffs. (Landw. Versuchst., 20, p. 117. — Just. Jahresb. 1877,, p. 608.)

24. *E. Schulze et J. Barbieri.* — Ueber das Vorkommen eines Glutaminsaeure — Amides in d. Kuerbiskeimlingen. (Ber. d. d. chem. Ges. 1877, p. 199. — Biederm., 1878, H. XI, p. 828. — Landw. Jahrb., t. 6, p. 681. — Just. Jahresb., 1877, p. 609.)

25. *V. Gorup-Besanez.* — Glutaminsaeure aus dem Safte d. Wickenkeimlinge. (Just. Jahresb., 1877, p. 609. — Ber. d. d. Ges. p. 780.)

26. *E. Schulze et Barbieri.* — Ueber den Gehalt d. Kartoffeln an Eiweisstoffen und an Amiden (Biederm., 1878, H. II, p. 131. — Landw. Versuchs,. 1877, t. 21, p. 63.)

27. *Hugo de Vries.* — Keimungsgeschichte des rothen Klees. (Landw. Jahrb., 1877, t. VI, p. 466, et Just. Jahresb., 1877, p. 666.)

28. *W. Detmer.* — Physiologische Unters. ueber den Keimungsprocess. IIIte Abh. (Wollny. Forsch. a. d. Geb. der. Agr. physik. 1879, t. II, p. 356, et s.)

29. *O. Kellner.* — Untersuch. ueb. d. Gehalt der gruenen Pflanzen an Eiweisstoffen und Amiden und ueb. d. Umwandlung der Salpetersaeure und d. Ammoniaks in Pflanzen (Biederm. Centralb., 1879, H. IX, p. 671. — Landw. Jahrb., 8, 1879, Supplément.)

30. *E. Schulze.* — Ueb. die Eiweisszersetzung im Pflanzenorganismus. (Biederm., 1879, H. VIII, p. 609. — Botan. Zeit., 27, 1879, n° 14. — (Ann. agronom. avril 1879.)

31. *Weiske, Schrodt et V. Dangel.* — Ueber die Bedeutung des Asparagin's fuer die thierische Ernæhrung, (Biederm., 1879, H. X, p. 744 — Zeitschrift f. Biologie, 15, 1879, H. 2.)

ÉTUDE SUR LE MAIS FOURRAGE

PAR

M. E. BRÉAL
Ancien élève de l'École centrale; préparateur au Muséum d'histoire naturelle.

La culture du maïs fourrage se répand de plus en plus dans nos départements du Nord; il n'arrive pas à y mûrir sa graine et il y est exclusivement employé comme fourrage; en réfléchissant à la quantité considérable d'amidon que recèlent les grains de celle plante lorsqu'ils arrivent à maturité, je me suis demandé si la plus grande partie des hydrates de carbone n'étaient pas formés dans le maïs de nos départements septentrionaux au moment où on le récolte, et si par suite les tiges de maïs ne pourraient pas dans notre région être employées à la fabrication de l'alcool, comme le sont les graines dans le Midi, où la plante mûrit sans difficultés.

La maturation d'une plante herbacée comprend, en effet, plu-

sieurs phases : l'élaboration des principes immédiats précède leur transport, et si sous le climat de Paris la plante ne reçoit pas assez de chaleur pour accomplir son évolution complète, elle peut cependant avoir vécu assez longtemps pour avoir élaboré du glucose, du sucre, de l'amidon même, dont l'accumulation dans l'épi n'a pas le temps de s'accomplir ; mais il est clair que, si l'élaboration a eu lieu, on pourra trouver dans la plante entière ce qui habituellement est concentré dans l'épi ; par suite on rencontrera peut-être plus de difficultés à utiliser la plante comme productrice d'alcool, mais cette production sera possible ; c'est pour reconnaître si ces prévisions étaient justifiées, que j'ai entrepris, d'après les conseils bienveillants de M. Dehérain, le présent travail.

A différentes époques j'ai coupé des tiges à ras de terre, je les ai pesées. J'ai séparé les feuilles et les fruits, des tiges. Je considère comme fruit tout l'épi avec ses feuilles engainantes, qui s'en détachent d'ailleurs très difficilement, même quand le végétal a atteint tout son développement. Toutes ces parties de la plante, après avoir été pesées séparément, ont été placées dans une étuve et pesées de nouveau après dessiccation.

Le tableau I donne les poids de la plante entière, fraîche et ensuite séchée, cueillie aux différentes époques.

Nous reconnaissons de suite par l'examen de ce tableau que les poids de la matière fraîche et de la matière sèche augmentent assez régulièrement, tandis que la quantité d'eau contenue dans 100 parties de la plante diminue.

TABLEAU I. — RÉCOLTE DE 1879.

POIDS D'UNE PLANTE FRAICHE ET DE LA PLANTE SÉCHÉE.

DATE de la récolte.	ÉTAT de la plante.	POIDS de la plante fraîche.	POIDS de la plante sèche.	EAU P. 100.
10 août	Graines commencent à paraître.	1024	0.124	87.8
19 août......	Graines de 1mm.	1227	0.203	83.4
14 septembre.	— de 2mm.	1184	0.211	82.1
20 septembre.	— de 3mm.	1679	0.308	81.5
25 septembre.	— de 5mm.	1736	0.306	82.3
17 octobre....	— de 5mm.	1769	0.366	79.3

Après avoir pris les plantes entières à l'état normal, puis à l'état sec, j'ai distingué à chacune de ces époques les feuilles, les fruits et les tiges. Ces divers organes ont été pesés frais et secs, d'où il a été facile de trouver la quantité d'eau contenue dans chacun d'eux.

Tous les chiffres obtenus par ces pesées sont réunis au tableau n° II.

TABLEAU II. — RÉCOLTE DE 1879. POIDS DES FEUILLES, DES FRUITS, DES TIGES, FRAIS ET SÉCHÉS PROVENANT D'UN PIED DE MAÏS.

DATE DE LA RÉCOLTE.	POIDS DES FEUILLES.		POIDS des fruits.		POIDS DE LA TIGE.		EAU POUR 100 contenue dans les		
	fraîches.	sèches.	frais.	secs.	fraiche.	sèche.	feuilles.	fruits.	tiges.
10 août......	250	36	250	37	524	51	90.2	85.2	85.6
19 août......	322	51	315	50	590	102	84.1	84.1	82.7
14 septembre.	578	97.8	211	32	395	70.5	83	84.7	82.1
20 septembre.	875	163	190	26	614	119	81	86	80
25 septembre.	519	117	588	89	629	100	77	83	84
17 octobre...	333	108	638	137	798	121	67.5	78.5	85

Nous voyons que les feuilles s'accroissent en poids jusqu'au 20 septembre, et qu'à partir de cette époque elles perdent non seulement de l'eau, mais aussi une proportion considérable de matière sèche; en effet, les feuilles inférieures jaunissent et se détachent pendant la durée de la végétation. Les fruits et les tiges augmentent de poids jusqu'au moment de la récolte; les fruits perdent de l'eau en grossissant, les tiges au contraire en reprennent à partir du 20 septembre.

Quelle sera la récolte d'un hectare? Dans notre jardin il y avait 5 pieds par mètre carré, il y en aurait eu 50 000 par hectare. Avec les tableaux I et II nous pourrons facilement calculer la récolte entière par hectare à une des six époques des prises d'essai: il suffira de multiplier par 50 000 les nombres de ces tableaux.

J'ai fait ces calculs pour le 17 octobre, époque où les maïs ont été abattus, et j'ai réuni les nombres obtenus dans le tableau III.

TABLEAU III. — RÉCOLTE DU 17 OCTOBRE PAR HECTARE EN KILOG.

POIDS DE LA RÉCOLTE entière		POIDS DES FEUILLES		POIDS DES FRUITS		POIDS DES TIGES	
fraîche.	sèche.	fraîches.	sèches.	frais.	secs.	fraîches.	sèches.
88450	18300	16650	5400	31900	6850	39900	6050

Les chiffres obtenus n'ont rien d'exagéré, on pourrait même obtenir des rendements plus forts en semant plus serré : M. Dehérain a constaté souvent des rendements dépassant 100 000 kilog. sur son champ d'expériences de Grignon. Mais les semis serrés présentent cet inconvénient que la plante s'étiole du pied, sans doute par suite de l'obscurité dans laquelle elle est plongée, de telle sorte que la verse est fréquente.

Je me propose maintenant de montrer quelle est la composition de ces feuilles, de ces fruits, de ces tiges provenant de la récolte du 17 octobre, en :

1° Matières minérales ;

2° Matières azotées ;

3° Matières sucrées.

Pour faire l'analyse de ces matières, j'opérais sur les substances sèches et pulvérisées dans un moulin.

L'incinération me donnait les matières minérales.

Les principes azotés étaient recherchés par la méthode de M. Péligot. Par une analyse spéciale je me suis assuré que l'azote provenait bien de matières organiques et que les maïs ne contenaient pas de nitrate[1].

Les principes sucrés ont été extraits par une série de lavages à l'eau bouillante. Le résidu insoluble dans l'eau contenait beaucoup de matières susceptibles de devenir solubles par un traitement avec les acides dilués. Je mettais le résidu que m'avait laissé le traitement par l'eau bouillante dans des flacons avec de l'eau aiguisée de 2 p. 100 d'acide sulfurique du commerce. Les fla-

1. Cette recherche n'était pas inutile : le sol du jardin du laboratoire est très riche en salpêtre, et il est arrivé une fois qu'un élève qui avait été chargé d'extraire les principes solubles contenus dans la tige du maïs récolté dans ce jardin obtint, au lieu du sucre qu'il espérait préparer, une magnifique cristallisation de salpêtre.

cons, très bien bouchés, avaient leur bouchon ficelé avec du fil de fer, et étaient portés dans un bain de sel pendant trois ou quatre heures à une température de 115°. La liqueur acide provenant des flacons était ensuite neutralisée par un lait de carbonate de chaux; je la filtrais et je l'ajoutais au premier extrait aqueux. Pour doser le glucose dans la dissolution, je la purifiais par le sous-acétate de plomb, je filtrais, je précipitais l'excédent de sous-acétate par du bicarbonate de soude, je filtrais de nouveau, et j'examinais enfin la liqueur par la liqueur de Fehling.

J'ai réuni dans le tableau IV le résultat de mes analyses pour la récolte du 17 octobre, et j'ai reporté dans le tableau V, sur la récolte entière, les nombres inscrits dans le tableau IV.

TABLEAU IV. — RÉCOLTE DU 17 OCTOBRE.

DANS 100 PARTIES SÈCHES DE :	CENDRES.	MATIÈRES AZOTÉES.	GLUCOSE ET MATIÈRES se transformant en glucose.
Feuilles	11	13.75	12
Fruits	2.5	6.25	50
Tiges	9.5	5.6	46.7

TABLEAU V.

RÉCOLTE ENTIÈRE DU 17 OCTOBRE.	CENDRES.	MATIÈRES AZOTÉES.	GLUCOSE ET MATIÈRES se transformant en glucose.
Feuilles	594	742.50	648
Fruits	171.25	428.13	3425
Tiges	574	338.8	2825

L'inspection de ce dernier tableau montre que les feuilles sont pauvres en glucose, mais riches en matières minérales et azotées. Les fruits et les tiges, au contraire, sont riches en glucose. J'ai constaté que ce glucose est facile à faire fermenter avec la levûre de bière, et il doit se convertir en moitié de son poids d'alcool.

D'après ces considérations, ne sommes-nous pas amenés à faire deux parts de notre récolte de maïs : d'un côté les feuilles, de l'autre les tiges et les fruits?

Les feuilles, pesant fraîches 16 650 kilogrammes, donneront un

excellent fourrage, comme nous le montre leur contenance en matière azotée, et aussi l'expérience, qui a prouvé qu'on peut les assimiler à la luzerne.

Les tiges et les fruits, qui pèsent ensemble, secs, 12 900 kilogrammes, seront soumis à un traitement pour en extraire les matières sucrées, qui, par la fermentation et la distillation, donneront 3 125 kilogrammes d'alcool. Comme je l'ai expliqué ci-dessus, j'opérais sur les tiges et les fruits préalablement séchés à l'étuve, pour faire de l'alcool. Il est évident que si le travail devait se faire en grand, sur d'énormes quantités de tiges et de fruits, on ne pourrait plus leur faire d'abord subir la dessiccation. Le fabricant aura à opérer sur les matières fraîchement cueillies, ou contenant encore une grande partie de leur eau de végétation. L'expérience montrera si l'opération sera plus facile ou plus compliquée.

En tout cas, nous voyons qu'il pourra peut-être y avoir avantage à n'utiliser qu'une partie du maïs comme fourrage, et ce seraient les feuilles, puisque ce sont elles qui sont le plus riches en matières salines et azotées. Le restant de la récolte, c'est-à-dire les tiges et les fruits, se montrant très chargés en glucose et en hydrocarbures faciles à convertir en glucose, pourraient devenir une source d'alcool.

Sur notre champ d'expérience, outre les 16 650 kilogrammes de feuilles par hectare, nous aurions produit 3 125 kilogrammes d'alcool avec les tiges et les fruits. Voyons ce que d'autres plantes peuvent donner en alcool :

Les betteraves, avec une récolte de 30 000 kilogrammes de racines à l'hectare, d'une richesse saccharine de 15 p. 100, fourniraient en alcool 2 100 kilogrammes.

Les pommes de terre, avec une récolte de 20 000 kilogrammes de tubercules à l'hectare, contenant 15 p. 100 de fécule, produiraient 1 500 kilogrammes d'alcool.

Ainsi l'avantage est du côté du maïs, qui fournit avec ses fruits et ses tiges 3 125 kilogrammes d'alcool. Nous avons vu que nous avons aussi récolté 16 650 kilogrammes de feuilles. Les vinasses qui nous resteront après la distillation contiendront la presque totalité des matières salines et des matières azotées qui étaient dans les tiges et les fruits. Si les vinasses épuisées ne trouvent pas de meilleur emploi, elles retourneront comme engrais à la terre, à laquelle elles rendront ces principes fertilisants.

Quand nous aurons épuisé les tiges et les fruits de leurs hydrocarbures solubles, il nous restera un résidu insoluble; j'ai reconnu que ce résidu séché pèse moitié à peu près des matières premières sèches employées, soit 6450 kilogrammes. Nous verrons un peu plus loin que ce résidu a déjà été incorporé, et cela il y a plus de quarante-cinq ans, dans la pâte à papier. J'en ai fait l'examen ; j'y ai trouvé

Pour 1000 parties de matières sèches { 20,0 cendres ; 2,5 azote

Si ce résidu ne trouvait pas d'autre emploi, il pourrait être rendu à la terre, qu'il enrichirait en humus, en azote et en sels.

L'existence du sucre et du glucose dans les tiges du maïs avait déjà été reconnue par Pallas en 1834[1]. Ce chimiste agronome s'était proposé, après Parmentier, Navroth, Pictet et d'autres chercheurs, d'extraire le sucre de la tige ayant mûri ses épis, mais encore verte. Voici comment il procédait :

Après l'enlèvement des épis, la tige était coupée ras de terre, effeuillée, divisée en morceaux d'égale longueur et présentée à une rape à betterave. La pulpe produite était mise dans des sacs de toile à voile et exprimée à la presse hydraulique; elle était pressée une deuxième fois après avoir été trempée dans l'eau.

Le jus ou vesou obtenu était chauffé dans une chaudière ouverte et clarifié avec un lait de chaux. Après un repos, le liquide clair était filtré sur du noir animal, évaporé, filtré de nouveau sur le noir, et évaporé jusqu'à ce que le sirop produisît des fils quand il était pris entre deux doigts. Il était alors versé dans des cristallisoirs; après quinze jours de repos, on séparait la mélasse du sucre cristallisé; ce dernier, étant jaune et mou, ne devenait blanc et dur qu'après un ou deux raffinages. Pallas obtenait par ces traitements pour 100 kilogrammes de tiges fraîches :

Sucre cristallisé	2 kilogr.
Mélasse	4 »
Pulpe pouvant servir dans la pâte à papier ou pouvant être donnée comme aliment aux bestiaux	35 »

1. *Recherches historiques, agricoles et industrielles sur le maïs ou le blé de Turquie* suivies de l'art de fabriquer le sucre et le papier avec la tige de cette plante, sans diminuer la quantité de son produit sous le rapport alimentaire, par Em. Pallas, docteur en médecine de la faculté de Paris, médecin en chef de l'hôpital militaire de Saint-Omer, etc.; à Saint-Omer, chez Tumerel Bertram, libraire, rue Royale, 26, 1837.

M. Decaisne a eu la bonté de me prêter ce livre très rare, n'existant pas dans la bibliothèque du Muséum et ne figurant pas sur les catalogues.

Pallas a fait fermenter la mélasse avec de la levûre de bière, il en a obtenu, après distillation, un alcool rappelant par sa saveur le rhum de la Jamaïque.

La pulpe a été donnée à des fabricants de papier de Saint-Omer, qui, en la mélangeant avec 10 p. 100 de pâte de chiffon, en ont fait un papier gris, mais souple et d'une excellente durée; car plusieurs pages du livre de Pallas sont imprimées sur ce papier, et elles se trouvent encore aujourd'hui dans un bon état de conservation.

Ce rendement de 2 p. 100 en sucre était trop faible, pour que la fabrication du sucre cristallisé de maïs ait pu devenir industrielle.

En procédant pendant toute la durée de la végétation du maïs à de nombreux dosages de sucre et de glucose, j'avais conçu l'espoir de voir si ces deux matières présentaient dans leurs proportions quelques variations régulières pendant le cours du développement de la plante, et si le sucre avait une tendance à s'accumuler dans une partie spéciale du végétal?

TABLEAU VI.

	TIGE.		FEUILLE.		FRUIT.	
	Glucose.	Sucre	Glucose.	Sucre.	Glucose.	Sucre.
19 août	2.0	1.1	2	0.2		
6 septembre	3.7	1.8	2	0.2		
6 septembre	3.5	1.1				
8 septembre	2.1	0.9				
8 septembre	1.9	0.4				
18 septembre	......	......	......	......	1.8	
23 septembre	......	......	1.2	2.2	2.0	0.5
3 octobre	1.6	0.2				
4 octobre	2.2	2.8				
10 octobre	2.1	1.1	0.6	0.3	2.3	0.7
16 octobre	1.1	2.0				
22 octobre, haut de la tige.	1.4	6.2				
— bas de la tige.	0.0	4.0				
— mil. de la tige. moelle	2.4	1.8				
— mil. de la tige. parenchyme	1.0	2.9				
23 octobre, bas de la tige.	1.9	1.4				
— haut de la tige.	4.2	4.3				
— gr. pas mûres.	traces.	2.8				

Le tableau VI donne quelques résultats de ces analyses. Les dosages effectués font voir qu'au moment des premières prises

d'échantillon le glucose est plus abondant dans les tiges que le sucre de canne, mais que plus tard les proportions sont renversées : c'est au contraire le sucre qui domine et parfois de beaucoup, ainsi que nous l'avons dit déjà, la tige est beaucoup plus riche en hydrates de carbone solubles que les feuilles. Enfin, dans les deux dosages où l'on a distingué le haut et le bas de la tige, le haut s'est trouvé plus riche en saccharose que le bas.

M. Durin, dans un intéressant travail sur les matières sucrées publié dans les *Annales agronomiques*, constate également que le glucose et le sucre existent en même temps dans toutes les parties du maïs; il prouve que ces matières s'acheminent de la tige dans le fruit, et cela par une bien jolie expérience. Il choisit deux pieds semblables; à l'un d'eux il enlève les fruits encore à l'état rudimentaire. Quand les plantes sont mûres, il recherche le sucre qu'elles contiennent : celle qui a été mutilée en renferme 8.92 p. 100; l'autre n'en a que 4 85 p. 100.

Mes recherches ont confirmé les faits déjà découverts par M. Durin. Pendant tout le développement de la plante le glucose et le sucre y existent en même temps et dans toutes les parties du végétal.

Nulle partces hydrocarbures solubles ne s'accumulent : ils ne font qu'apparaître pour se transformer de suite en produits insolubles.

Tant que la graine n'est pas mûre, elle contient le glucose et le sucre; dans la graine mûre on n'en trouve plus trace; mais la tige qui a mûri ses graines retient encore du sucre et du glucose. Dans la feuille vivante ces matières sucrées existent toujours ensemble; elles disparaissent quand la feuille se dessèche.

Mes observations sur le maïs fourrage cultivé dans le jardin d'essai du Muséum me conduisent aux conclusions suivantes :

Ce maïs : récolté le 17 octobre, a donné par hectare,

16 650 kilogrammes de feuilles fraîches, constituant un excellent fourrage ;

12 900 kilogrammes de tiges et fruits secs, qui, traités convenablement, donnent 31 25 kilogrammes d'alcool, des vinasses et un résidu sec de 6 450 kilogrammes qui peuvent servir d'engrais.

Il m'a été impossible de constater dans le maïs en voie de végétation l'accumulation du sucre et du glucose dans une partie spéciale de la plante.

LA CULTURE DU BLÉ AUX ÉTATS-UNIS.

M. Ch. Worthington, directeur de la statistique du ministère de l'agriculture à Washington, a informé le public que la récolte de blé aux États-Unis en 1879 est la plus abondante qui ait encore été obtenue, puisqu'elle dépasse de 10 millions d'hectolitres l'énorme récolte de 1878. Le produit des quatre dernières années a été : de 104 millions d'hectolitres en 1876 ; de 133 millions en 1877, de 151 millions en 1878 et enfin de 161 millions en 1879.

Cet accroissement de récolte est dû à l'extension de plus en plus grande de la culture du blé qui a dépassé de 6 pour 100 ce qu'elle était en 1878 et de 28 p. 100 ce qu'elle était en 1877 ; cet énorme produit est dû en outre à la réussite exceptionnelle des cultures de blé d'hiver dans le centre et dans l'est.

Environ un tiers de la récolte de 1878 a été exporté, puisqu'on estime qu'il est sorti, du 1er juillet 1878 au 30 juin 1879, époque où se termine l'année financière américaine, 54 millions d'hectolitres. Environ la moitié de cette énorme exportation a été dirigée vers les Iles Britanniques.

Cette production considérable des États-Unis ne peut être attribuée qu'à l'étendue de la surface cultivée, car le rendement à l'hectare ne dépasse guère habituellement 10 hectolitres ; mais la surface cultiveé augmentant en plus grande proportion que la population, le rapport du produit à la population s'est considérablement accru. En comparant la quantité de blé produite aux tables de la population d'Elliott, on trouve que la moyenne de la production par tête pendant les huit années comprises entre 1862 et 1870 a été d'un peu plus de 2 hectolitres ; elle est montée à 2 hect., 60 pendant les huit dernières années ; elle a atteint enfin 3 hect., 15 en 1878. Si on ajoute que la production du maïs est d'environ 500 millions d'hectolitres, on conçoit que, malgré l'augmentation du nombre des consommateurs, ceux-ci soient incapables d'absorber la masse des dernières récoltes, qui ont trouvé un placement avantageux sur le marché de l'Europe occidentale. En effet, les besoins de l'Angleterre augmentent sans cesse, non seulement quand il y a de mauvaises récoltes comme cela a eu lieu pendant ces dernières années, mais aussi à cause des conditions économiques de la production

du blé, qui tend à se restreindre de plus en plus sur le sol des Iles-Britaniques. L'Angleterre demande du froment et des farines à diverses contrées, mais on calcule que ; les États-Unis lui fournissent à peu près le quart de son importation.

Les prix de vente des cultivateurs américains ont été assez variables ; en 1878 ils sont tombés plus bas que dans les années précédentes. Ainsi, bien que le produit de 1878 surpasse de 10 millions d'hectolitres celui de 1877, la valeur totale de la récolte a été, en 1877, de 394 millions de dollars et seulement de 326 millions en 1878; dans un cas l'hectolitre valait 15 francs, dans le second 9 francs seulement, ce qui ne donnait guère que 110 francs de produit à l'hectare, tandis que l'année précédente on obtenait 166 francs environ.

Il ne semble pas que ce bas prix ait décidé les cultivateurs américains à diminuer l'étendue de la surface emblavée en froment, puisque nous avons vu qu'en 1879 elle a été encore plus étendue qu'en 1878 ; la surface consacrée à la culture du blé va toujours au contraire en augmentant : de 8 millions d'hectares en 1868, elle s'est élevée à 14 millions en 1878.

Si nous répétons que les rendements sont restés sensiblement les mêmes depuis 1863, oscillant autour de 10 hectolitres à l'hectare, on commencera à se faire une idée de la culture des céréales en Amérique : aucune préoccupation de l'abondance du rendement : il sera bon ou mauvais suivant la saison, par conséquent aucune dépense d'engrais ; mais en revanche énorme étendue de la surface consacrée à la culture et perfectionnements constants dans l'outillage destiné au labour, à l'ensemencement, à la moisson, au battage de ces récoltes provenant de cultures s'étendant sur d'immenses surfaces dont on ne se fait pas facilement une idée dans nos petites fermes françaises ; c'est ce qui apparaît nettement dans un article que nous avons sous les yeux et dont nous allons résumer les traits principaux.

The biggest wheat farm in America, tel est le titre de cet écrit intéressant, titre bien justifié, puisqu'il s'agit d'une ferme présentant une étendue de 75 000 acres, ou 33 000 hectares.

Les États-Unis ne possèdent que peu de fermes à blé aussi vastes; en général, dans l'est, le centre et même le nord-ouest, elles n'ont guère que 90 hectares. Mais à Cassildow, sur le territoire de Dakota, dans la vallée de la Rivière-Rouge, se rencontre une excep-

tion remarquable, une ferme de 33 000 hectares cultivée par M. Olivier Dalrymple. Il y a quatre ans le territoire n'était encore qu'une prairie déserte, sans traces de vie humaine: les lapins, les écureuils, les bécassines, les canards en étaient les seuls habitants. Quelques années auparavant les buffles y étaient communs, comme le montrent encore leurs ossements qui blanchissent sur la prairie. Quelques-uns des directeurs du chemin de fer du Pacifique septentrional acquirent ces terrains et choisirent pour fermier, avec une demi-part dans l'affaire, M. Olivier Dalrymple, qui avait déjà fait ses preuves en cultivant près de 3 000 hectares à Lake-Elmo-près de Saint-Paul de Minnesota.

Le jeudi 26 septembre les membres de la commission royale, MM. Read et Pell, le correspondant du journal auquel nous empruntons ces détails, et une escorte sous le commandement de M. James H. Dralle, fermier-adjoint de la compagnie du chemin de fer de Saint-Paul et de la cité des Sioux, reçurent l'hospitalité de M. Dalrymple et parcoururent son immense ferme. Le sol est formé d'une terre d'alluvion, noire et friable, variant de 30 à 50 centimètres de profondeur et reposant sur un sous-sol argileux riche en débris organiques.

L'organisation de cette grande ferme peut être considérée comme terminée, bien que tout le territoire ne soit pas encore défriché; les plus petits détails y sont examinés avec plus d'attention qu'on ne le fait d'ordinaire dans des fermes de 50 hectares. Sur l'une des subdivisions de la propriété, une communication à l'aide du téléphone est établie entre le bureau du directeur et celui du contre-maître; le prix d'établissement a été de 1 500 francs: on a l'intention d'étendre ce système de contrôle rapide et direct sur toute la surface du domaine.

De solides constructions en bois ont été élevées dans les points les plus convenables: ce sont les maisons d'habitation, les dortoirs et les réfectoires des ouvriers, des étables, des greniers, des hangars pour les nombreuses machines et enfin des ateliers de forgeron et de charpentier. Des puits d'une profondeur variant de 18 à 24 mètres ont été creusés auprès des bâtiments d'habitation. Les avenues enfin ont été plantées d'arbres, et il serait difficile en résumé de croire que cinq ans auparavant, à la place de cette ferme si bien aménagée, était seulement une prairie déserte.

Le domaine est partagé en divisions de 2 250 hectares; chacun

d'eux est sous la direction d'un intendant divisionnaire qui a sous sous ses ordres deux contre-maîtres, dont l'un accompagne à cheval ses 15 ou 20 attelages, veille aux labours, aux semailles, inspecte la conduite des hommes, l'état des animaux, le travail des machines. A chacune des divisions correspondent plusieurs suites de bâtiments qui renferment les chambres des hommes, souvent placées au-dessus des écuries; elles sont confortablement chaufféesà l'aide de poêles ; cinquante hommes peuvent y dormir à deux par lit aux époques de grand travail. Auprès sont les cuisines ; d'une capacité telle qu'on peut y préparer la nourriture de cent personnes ; elles sont sous la conduite du cuisinier et de son aide, qui, sur les ordres du contre-maître, reçoit des magasins la farine pour le pain, les puddings et les pâtisseries, la viande de bœuf, etc., du thé et du café excellents ; mais ces magasins si bien garnis ne renferment cependant ni bière, ni spiritueux. Les hommes touchent leur salaire comme ils le désirent : les uns toutes les semaines, et ils le dépensent dans les brasseries de Cassilton; les autres, plus prévoyants, ne se font payer qu'après plusieurs semaines; d'autres seulement deux fois par an. Les gages varient suivant la saison. Outre la nourriture, pendant le printemps, les ouvriers reçoivent 90 francs par mois; pendant la moisson les gages montent à 12 francs par jour; à l'époque du battage; on ne paie plus que 10 francs par jour enfin pendant les mois d'automne les hommes reçoivent 125 francs par mois. Le travail ne s'exécute pas à façon, mais la surveillance est si bien organisée que les hommes et les animaux fournissent un travail excellent. La tenue des ouvriers est au reste très bonne ; on les soigne gratuitement, s'ils ont été blessés accidentellement ou s'ils sont devenus malades sans qu'il y ait de leur faute.

Les hommes employés en surplus pendant la moisson et pendant le battage reçoivent le prix des heures de travail. Aussitôt que les gelées empêchent les labours, tous les ouvriers sont remerciés; il ne reste par division que les directeurs et environ dix hommes qui soignent quarante mules ou chevaux. Ce renvoi des ouvriers pendant la mauvaise saison n'a rien d'inhumain, car ils trouvent à s'employer dans les forêts; mais c'est un avantage incontestable pour la ferme de n'être pas obligée de conserver des hommes auxquels il serait difficile de fournir un travail utile.

Aujourd'hui 9 000 hectares sont en culture, et chaque année 2000 hectares environ sont défrichés ; la partie du domaine qui

n'est pas encore labourée fournit du foin et sert à l'engraissement de vaches laitières. Quand le travail commence, chaque jour quatre cents mules ou chevaux sont employés à labourer les chaumes ou à retourner et à herser les terres conquises sur la prairie pendant les mois d'été. M. Dalrymple emploie des chevaux et des mules, mais ces dernières lui fournissent un meilleur service; tandis que depuis l'origine des travaux il a déjà usé seize chevaux, il n'a encore perdu qu'une mule blessée accidentellement. Le prix d'achat de ces animaux à Saint-Louis est de 700 francs.

L'ensemble de la terre est préparée pour les récoltes en automne, les sols nouveaux reçoivent une nouvelle façon, et le 1[er] avril on commence généralement les semailles du blé, qui est distribué à l'aide de semoirs; ceux-ci, au nombre de cent, travaillent chaque jour pendant trois semaines; on herse à l'aide de deux cents appareils. — Aussitôt après que les semailles de blé sont faites, on sème l'avoine et l'orge pour les chevaux.

On ne fait plus ensuite aucune dépense jusqu'à la moisson; les pluies arrivent généralement en juin et juillet. Pendant quatre ans les saisons se sont montrées très favorables, cependant l'an dernier une sécheresse prolongée a inspiré de grandes inquiétudes, et c'est là le seul ennemi qu'aient à craindre les cultivateurs de blé des grandes prairies de l'Ouest.

Vers le 1[er] août on commence la moisson : trois cents hommes environ sont embauchés, et on met en mouvement cent cinquante machines à moissonner; en douze jours toute la récolte est par terre. Les vingt et une machines à battre à vapeur de la compagnie de Buffalo sont menées en des points convenables; dix voitures traînées chacune par une paire de chevaux conduisent les gerbes à la machine et portent le grain, placé en sacs d'un hectolitre et demi environ, à une distance de deux kilomètres aux wagons du chemin de fer. Chaque jour cinquante wagons contenant chacun 200 hectolitres partent pour Dulutt, à une distance de 256 milles, à la pointe orientale du lac Supérieur.

La récolte de cette année est à peu près la même que celle de l'an dernier : la moyenne est à peu près de 18 hectolitres par hectare, l'hectolitre pesant 75 kilog.

Habituellement le produit des terres neuves est le meilleur.

Quant au prix de revient, M. Dalrymple fournit les renseignements suivants : la terre vaut 135 francs l'hectare, l'intérêt à

6 p. 100 est donc 7, 80; les impôts, 2, 50; les bâtiments, les attelages, etc., sont estimés à 110; à l'intérêt de 10 p. 100, nous avons 11 francs; le labourage coûte 30 francs, les semences 15 francs, la moisson et le battage 30 francs : total 103 fr., 80. M. Dalrymple cultive donc un hectare de blé pour un peu plus de 100 fr. Il pense même qu'actuellement le prix de revient sur les terres déjà en culture est un peu moindre; mais il s'élève au contraire sur les terres nouvellement défrichées, car il faut compter la dépense qu'occasionne ce défrichement. Pendant les quatre dernières années on a obtenu 16 hectolitres à l'hectare, qui reviennent par conséquent à 6 fr., 20; mais M. Dalrymple estime que dans une saison favorable l'hectolitre ne doit pas revenir à plus de 5 francs.

Maintenant se présente une dernière question : combien de temps la culture sera-t-elle possible dans de telles conditions? On n'aperçoit jusqu'à présent aucun indice de diminution dans la fertilité du sol, qui ne porte ni chiendent, ni chardon; on n'emploie il est vrai, aucun engrais; on brûle toute la paille sauf celle qui sert de litière aux animaux; mais l'épuisement en matières minérales est encore insensible, car on a essayé de répandre les cendres sur divers points et on n'a vu aucune différence dans le produit, ce qui semble indiquer que la terre ne manque ni de potasse ni d'acide phosphorique; au reste sur plusieurs points de la contrée on a tiré d'une terre semblable vingt récoltes de blé consécutivement, sans qu'on ait vu le produit diminuer. M. Dalrymple est cependant trop prudent pour ne pas prendre de précautions, et il incorpore chaque année dans son sol une certaine quantité de terre nouvelle en donnant un peu plus de profondeur à ses labours; il se propose en outre de faire tous les quatre ans une récolte de trèfle qui sera enfouie en vert. Il est probable qu'avec ces précautions appliquées au sol vierge qu'il cultive, il obtiendra de brillantes récoltes encore pendant une longue suite d'années.

DOSAGE DE LA CHAUX

DANS LES DIVERS PRODUITS DE LA SUCRERIE A L'AIDE DE LA SOLUTION HYDROTIMÉTRIQUE DE SAVON;

PAR

M. PELLET

Depuis longtemps on a proposé de reconnaître et de doser la chaux dans les jus sucrés à l'aide d'une solution de savon. M. Garcia a même indiqué un procédé d'élimination de la chaux par l'addition d'une certaine quantité de savon alcalin.

Cependant la plupart des ouvrages ne font pas mention de l'application de la liqueur de savon au dosage de la chaux dans les produits de la sucrerie. Ayant eu l'occasion d'exécuter un certain nombre d'analyses comparatives par l'oxalate d'ammoniaque et par le savon, nous avons pu reconnaître une certaine exactitude aux dosages exécutés par liqueur titrée, et comme ces dosages sont faciles et rapides, nous croyons être utile en donnant complètement le procédé que nous suivons.

Le dosage de la chaux par le savon nécessite :

1° Une burette hydrotimétrique;
2° Un flacon de 40cc divisé en 10,20 et 30cc;
3° Une solution titrée de savon;
4° Une solution titrée de chaux.

1° La burette hydrotimétrique est connue de tous les chimistes. Pour faciliter la lecture nous faisons faire la division de telle sorte qu'en tenant (comme cela est l'habitude) la burette de la main gauche, le bec prêt à verser dans le flacon à titrer, on puisse lire sur la burette sans avoir besoin de lui faire faire un demi-tour.

2° Le flacon de 40 cent. demande à être peu large. Nous prenons un flacon non bouché à l'émeri, on bouche avec le doigt lors de l'essai.

3° La solution de savon faite, on en prend le titre et on l'étend ensuite si cela est nécessaire[1].

4° La solution titrée de chaux est faite avec 0gr,25 de chlorure de

1. On doit trouver 25° hydrotimétriques pour 40cc de la solution titrée de chaux à 0,125 de chaux par litre.

calcium fondu. Mais ce sel se décompose à la chaleur. Nous préférons le carbonate de chaux. On en pèse $0^{gr},223$. Ce poids est traité par quelques gouttes d'acide chlorhydrique. On fait près d'un litre. On sature l'acide chlorhydrique par une solution faible de soude pure. On complète le litre.

$$1000^{cc} = 0^{gr},125 \text{ de chaux.}$$

Si on n'a pas de carbonate de chaux pur on prendra $0^{gr},59$ d'azotate de baryte. Ce sel agira comme la solution ci-dessus sur la liqueur titrée de savon.

Les liquides ou produits de la sucrerie dans lesquels on doit doser la chaux sont :

1° Les jus de 1re carbonatation;
2° — de 2° —
3° Les sirops avant et après filtration;
4° Les masses cuites de 1er, 2e et 3e jet;
5° Les bas produits.

Mais tous ces liquides ou produits ont des densités diverses. Pour faciliter la comparaison des chiffres nous prenons comme point de départ le jus des presses ayant une densité de 1040. Si ce chiffre était trop fort exceptionnellement on prendrait celui indiqué par le livre de régie.

Supposons le chiffre 1040. Lorsqu'on veut doser la chaux dans le sirop à 20° ou 22° Baumé, on étend une partie de ce sirop de façon à avoir 1040 de densité (il faut 40 à 50 cent. c. de sirop étendu de 150 à 200 d'eau pour avoir près de 1040, cela dépend de la densité du sirop); si c'est la masse cuite, on dissoudra un poids de masse cuite (20 à 40) dans un volume total de 200 à 400 cent. c. Prendre la densité. Si on a une densité trop élevée, on calculera comme suit la quantité d'eau à ajouter à un volume connu pour avoir de suite 1040 (A). Soit un sirop étendu marquant 1048° (B)

Pour le ramener à 1040 on dira :

$$\frac{A - B}{B - 1000} = \text{le volume cherché d'eau à ajouter à 1 litre de liquide à } 1048°,$$

par conséquent :

$$\frac{1048 - 1040}{1040 - 1000} = \frac{8}{40} \text{ ou 0 lit., 200.}$$

Cela veut dire qu'à un litre de liquide à 1048 il faut ajouter

200 cent. c. d'eau distillée pour avoir un total de 1200 cent. c. à 1040. Si on a moins de 1 litre on calculera la proportion d'eau à ajouter.

Quel que soit le mode employé pour arriver à obtenir 1040 de densité, on verse 40 cent. c. de la solution à essayer dans le flacon à titrage. On verse la solution de savon. La burette est remplie jusqu'au 0 supérieur. La différence avec le 0 inférieur représente la quantité de savon nécessaire pour produire la mousse.

Les divisions versées ne comptent donc qu'à partir de ce second 0.

On verse peu à peu le savon. On agite. Tant que la mousse ne persiste pas, on continue l'addition goutte à goutte. On s'arrête lorsque la mousse a une hauteur de 3 à 4 millim. et qu'elle persiste deux ou trois minutes.

Le nombre de divisions à employer ne doit pas dépasser 30 : lorsque, cela a lieu c'est qu'il y a trop de chaux. On recommence l'essai en ne prenant que 10, 20 ou 30 cent. c. pour n'employer que 25 à 30 divisions. Autrement le fort précipité qui revient à la surface nuit à la netteté de formation de la mousse persistante.

En comparant ainsi la chaux dans les divers produits d'une sucrerie nous avons trouvé :

Pour un 1 litre ramené à 1040°.	Jus de 1re carbonatation.......	0,06 à 0.08
	— de 2e —	0.13 à 0.11
	— de 2e — filtré...	0.11 à 0.13
	Sirop........................	0.10 à 0.11
	Sirop filtré..................	0.10 à 0.11
	Masse cuite, 1er jet...........	0.08 à 0.08
	Masse cuite, 2e jet...........	0.12 à 0.15

Mais ces résultats ne représentent nullement une moyenne. Dans d'autres sucreries nous avons trouvé des chiffres bien inférieurs et descendant à 0,01 ou 0,02 pour la masse cuite du premier jet.

Le dosage de la chaux dans la mélasse peut s'opérer par la liqueur de savon, mais généralement on obtient un chiffre trop élevé.

Ainsi pour des dosages à l'oxalate d'ammoniaque on a eu :

Pour 100 gr. de mélasse.....................	0.14 de chaux.
Avec le savon on a trouvé..................	0.168

Dans un autre essai :

Pour 100 gr. de mélasse, chaux par l'oxalate..........	0.495
— par le savon....................	0.600

Nous ne recommanderons pas le savon pour des dosages exacts

lorsqu'il s'agit de quantités de chaux au delà de 0,15 à 0,20 de chaux par litre de liquide à 1040. Néammoins pour des essais approximatifs ce procédé est tellement rapide qu'il renseigne sur la valeur des bas produits, car il tient compte des sels de magnésie. C'est pour cela que dans les mélasses on observe toujours un dosage plus élevé par le savon que par l'oxalate.

L'azotate de potasse et le chlorure de potassium agissent également un peu sur le savon. Mais nous répétons que pour les dosages ordinaires des jus, sirops, masses cuites et égouts, ce procédé donne des résultats suffisamment exacts pour la pratique et précieux par la rapidité d'exécution.

SUR UNE MALADIE NON ENCORE DÉCRITE DES VINS DU MIDI DE LA FRANCE, DITS VINS TOURNÉS[1].

PAR

M. ARM. GAUTIER

(*Extrait*).

L'auteur a observé en 1870 et en 1875, sur les vins français de la région méditerranéenne, une maladie jusqu'ici confondue avec la tourne ou pousse des vins de Centre décrite par M. Pasteur. Cette maladie, qui depuis quelques années sévit principalement sur les vins français des départements où se récolte plus du tiers de la quantité annuelle totale, s'observe surtout après les automnes chauds et pluvieux, quand la moisissure envahit partiellement la grappe. Le vin contenu dans des tonneaux bien clos se conserve en apparence et tant qu'il n'a pas l'accès de l'air. Si on l'examine avec soin au grand jour, on y remarque comme un léger brouillard brillant. Mais, lorsqu'on laisse à l'air ce vin soutiré, au bout de quelques heures et plus tard de quelques minutes, de rouge et transparent qu'il était, il devient peu à peu trouble et s'irise à la surface; sa matière colorante semble s'oxyder rapidement; elle passe du rouge au violet bleuâtre, puis se dépose sous forme d'un précipité couleur bistre, tandis que la liqueur surnageante ne garde qu'une teinte brun jaunâtre, une odeur de cuit et un goût acidulé et légèrement amer.

1. Comptes-rendus t. LXXXVI, p. 1338.

En les examinant de plus près, on s'aperçoit que certains de leurs éléments, tels que l'alcool, n'ont pas sensiblement varié, tandis que d'autres, tels que le tanin, la matière colorante, le tartre, sont entièrement modifiés ou bien ont complètement disparu. Après s'être assuré qu'il n'existait plus de crême de tartre dans ces vins, l'auteur en a saturé un litre à la température de 65 à 70° par du carbonate de plomb humide. La liqueur filtrée, traitée par un petit excès d'acide phosphorique, a été évaporée à sec. Le produit de la distillation contenait 2gr,04 d'acide acétique. Or, comme dans les vins français l'acidité due aux acides volatils varie de 0gr,2 à 0gr,45 par litre, calculée en acide acétique, on doit en conclure qu'il s'était fait à l'abri de l'air 1gr,5 environ d'acide acétique. La partie insoluble des sels de plomb a été décomposée par l'hydrogène sulfuré ; la liqueur filtrée, évaporée à sec en présence d'un peu de noir animal lavé, reprise par l'alcool, a laissé par évaporation lente des cristaux transparents, acides, ayant toutes les propriétés de l'acide tartronique.

L'équation suivante explique la décomposition de la crême de tartre dans cette fermentation spéciale, ainsi que l'acidification du vin tourné :

$$2(C^8H^4O^{10},KO,HO) = 2(C^6H^2O^8KO,HO) + C^4H^4O^4.$$

Tartrate acide de potasse	Tartronate acide de potasse	Acide acétique.

En examinant de plus près encore ces vins, l'auteur y a reconnu la présence d'une notable proportion d'acide lactique ordinaire (1 litre a fourni 1gr,006 de lactate de zinc et point de sarcolactate).

Balard (Comptes rendus, t. LIII, p. 1226) avait déjà mentionné l'existence de l'acide lactique dans certains vins tournés et, à la suite de cette observation, avait recherché et trouvé ce même acide dans des vins sains en apparence. Toutefois, comme cet acide n'existe pas dans les produits de la fermentation du glucose pur et que sa présence coïncide ici avec la disparition de l'acide tartrique et la formation de l'acide tartronique, on pourrait être amené à penser qu'il dérive de l'acide tartrique d'après l'équation suivante :

$$3(C^8H^6O^{12}) = 3(C^6H^4O^{10}) + C^6H^6O^6.$$

Acide tartrique	Acide tartronique	Acide lactique.

L'auteur n'a d'ailleurs trouvé, dans les vins tournés qu'il décrit, ni acide butyrique, ni acide glycolique.

Le parasite qui détermine cette profonde altération des vins a la plus grande analogie de forme avec celui (filaments de la tourne) que M. Pasteur décrit dans son ouvrage intitulé : *Études sur le vin;* il est très abondant dans le dépôt des bouteilles et se présente en filaments ténus, flexibles, qui ne paraissent point articulés, de largeur variable et d'un peu plus de 1 millième de millimètre de diamètre.

Après avoir montré que cette maladie est une des plus graves de celles qui atteignent nos vins, tant par l'extension qu'elle prend dans les années pluvieuses que par la difficulté où l'on est de la reconnaître dès le début, et par l'impossibilité de la combattre lorsqu'elle est en plein développement, l'auteur rappelle qu'elle ne saurait être confondue ni avec la maladie que Balard (*loc. cit.*) a décrite sous le nom de *tourne* pour certains vins du Midi, ni avec celle des vins tournés du centre de la France, étudiée par M. Pasteur.

TRAVAUX PUBLIÉS A L'ÉTRANGER

Sur la récolte du blé de Rothamsted en 1879

PAR M. J. B. LAWES

Extrait du *Gardner's Chronicle*.

La récolte de 1879 est la plus mauvaise qu'on ait eu à déplorer depuis l'année 1816.

Dans le champ consacré à Rothamsted à la culture continue du blé, les plantes n'ont pas souffert sensiblement de la dureté du dernier hiver, mais il n'en a pas été de même pour le champ voisin, où nous cultivons un grand nombre de variétés de blé, qui supportèrent très inégalement les rigueurs de l'hiver.

Nous donnons dans le tableau suivant le produit de blé obtenu en 1879 du champ où nous poursuivons cette culture d'une façon continue depuis trente-six ans; nous donnons en outre la moyenne de la production des récoltes pendant les dix années de 1869 à 1878, pendant les dix-sept années antérieures de 1862 à 1868, et enfin la moyenne totale des récoles de 1852 à 1878.

RÉCOLTES DE BLÉ A ROTHAMSTED.

SAISONS.	PARCELLE 3. Constamment sans engrais.	PARCELLE 2. Fumier de ferme.	PARCELLES 7, 8, 9. Engrais chimiques.	MOYENNES des parcelles 2, 3, 7, 8, 9.
GRAINS EN HECTOLITRES A L'HECTARE.				
1879.	4.3	14.4	17.5	12.1
Moyenne de 10 ans, 1869-1878.	9.9	28.7	30.7	22.7
Moyenne de 17 ans, 1857-1868.	13.4	31.9	33.3	26.2
Moyenne de 27 ans, 1852-1878.	12.1	30.7	32.0	24.9
POIDS DE L'HECTOLITRE EN KILOS.				
1879.	65.2	71.0	70.7	69.1
Moyenne de 10 ans, 1869-1878.	73.0	75.2	74.3	74.2
Moyenne de 17 ans, 1852-1868.	72.6	75.0	73.5	73.7
Moyenne de 27 ans, 1852-1878.	72.3	75.1	73.8	73.7
PAILLE A L'HECTARE EN KILOS.				
1879.	884	2510	4329	2547
Moyenne de 10 ans, 1869-1878.	1129.5	3800	4480	3137
Moyenne de 17 ans, 1852-1868.	1685.0	4267	5027	3664
Moyenne de 27 ans, 1852-1878.	1468.0	4078	4856	3451

On reconnaîtra à l'inspection du tableau que la parcelle restée constamment sans engrais n'a donné cette année que $4^{hl},3$ de froment à l'hectare, et que cette quantité se trouve encore amoindrie par le poids très faible que présente le grain récolté, poids inférieur de 7 à 8 kilog. aux moyennes habituelles.

La parcelle qui reçoit chaque année 35000 kilog. de fumier n'a donné en 1879 que 14 hectolitres de froment au lieu de 28 qu'elle avait fournis pendant la décade précédente; et si le grain avait eu le poids qu'il présente d'ordinaire, ces 14 hectolitres seraient presque réduits à 10. — La production moyenne des trois parcelles qui ont reçu les engrais chimiques est très inférieure au produit habituel, mais le déficit est moins marqué que pour la parcelle qui a reçu le fumier.

Enfin la production moyenne pour toutes les parcelles est en 1879 de $12^{hl},1$ au lieu de 24,9 que nous avons obtenus pendant les 27 ans de culture s'étendant de 1852 à 1879; la récolte est donc environ la moitié de ce qu'on obtient d'ordinaire, et cette

proportion se trouve encore diminuée par suite du faible poids que présente le grain.

Les différences que montrent les produits en paille sont très sensibles pour les parcelles sans engrais ou engraissées au fumier de ferme, beaucoup moins pour celles qui ont reçu les engrais chimiques.

M. Lawes fait remarquer qu'il n'est pas extraordinaire que la récolte ait été déplorable, puisqu'il a recueilli à Rothamsted, pendant les mois d'avril, de mai, de juin, de juillet et d'août, $0^m,550$ d'eau, ce qui dépasse de moitié la hauteur de pluie moyenne.

M. Lawes estime que la récolte a été moins mauvaise dans d'autres parties de l'Angleterre qu'à Rothamsted, et il pense pouvoir porter le rendement moyen à 14 hectolitres, d'où il conclut que l'Angleterre ne pourra guère mettre sur le marché que le quart de la quantité de froment que réclame la consommation des Îles Britanniques.

De quelques questions intéressant la chimie agricole,

PAR LE DOCTEUR GILBERT

Extrait du *Gardner's Chronicle*.

Lors de la dernière réunion, à Sheffield, de l'Association anglaise pour l'avancement des sciences, le D[r] Gilbert, sur la demande du président de la section de chimie, fit connaître à l'Assemblée quelques-uns des résultats obtenus à Rothamsted. En voici une analyse succincte.

Dans la série des expériences poursuivies sur ce domaine, du blé a été ensemencé pendant trente-six années consécutives dans le même sol; de l'orge l'a été pendant vingt-huit ans, de l'avoine pendant neuf ans, des plantes racines pendant plus de trente ans, des fèves pendant une trentaine d'années également. Les expériences sur la rotation durent actuellement depuis plus de trente-deux ans. Enfin, des essais ont été faits sur les herbages mêlés d'une pelouse, dans le parc de M. Lawes, pendant vingt-quatre ans.

On n'a trouvé que de faibles différences pour les engrais nécessaires aux différentes plantes d'une même famille naturelle; de très grandes, au contraire, s'il s'agit de plantes appartenant à des familles différentes. Ainsi les graminées ne contiennent qu'une très petite proportion d'azote, et on n'en extrairait qu'une faible quan-

tité par hectare; cependant les engrais azotés répandus sur le sol qui porte ces plantes se montrent très efficaces... Les légumineuses, au contraire, renferment une forte proportion d'azote et en fournissent abondamment par hectare, et pourtant les engrais azotés sont peu profitables à ces plantes, et ce sont les engrais de potasse qui leur conviennent surtout. Le Dr Gilbert signale également quelques particularités relatives aux engrais préférés par certaines autres familles naturelles.

Mais le problème se compliquait bien davantage dans les expériences portant sur les herbages mêlés d'une pelouse où pouvaient se trouver réunies cinquante espèces et plus, représentant peut-être vingt familles naturelles. Il fut constaté, tout d'abord, que les engrais les plus favorables aux graminées croissant isolément dans un sol labouré favorisaient encore ces dernières mélangées à d'autres plantes. De même les engrais propices aux légumineuses isolées dans une plate-bande produisaient les mêmes effets dans la pelouse. Des plantes appartenant à d'autres familles naturelles prenaient aussi un développement caractéristique, suivant les engrais appliqués. En fait, tout engrais, c'est-à-dire toute cause qui excite la croissance d'une espèce particulière, provoque une lutte plus ou moins vive, qui amène une diminution plus ou moins grande ou même la disparition de quelque autre espèce. Par suite, les vingt parcelles différentes soumises aux expériences en question offrirent bientôt autant de flores distinctes.

M. Gilbert montra à ses auditeurs des tableaux qui faisaient ressortir cette variation dans le nombre des espèces, nombre qui était dans certains cas de cinquante, dans d'autres inférieur à vingt. Il fit également voir la composition en poids et le rendement par acre obtenus suivant les différentes familles naturelles.

On constatait de très grandes différences non seulement dans la flore, mais aussi dans le développement acquis par les plantes, dans l'abondance de leur végétation, leur tendance à pousser en feuilles ou en tiges, à mûrir ou non, etc. De grandes différences existaient en outre dans la composition chimique des produits. La partie sèche des herbages mêlés contenait, en certains cas, une fois et demie autant d'azote que dans d'autres, et le rendement par acre en azote variait, suivant les circonstances, du simple au triple. Dans les différentes expériences, la proportion de potasse contenue dans les plantes variait du simple au double; celle de la quantité de potasse

extraite par acre allait de un à cinq. Des différences considérables se manifestaient aussi parmi les autres éléments constitutifs. On peut dire que dans certaines limites il existe une composition caractéristique de chaque famille naturelle, quand elle a atteint un développement normal et est arrivée à maturité. Néanmoins la composition variait extraordinairement suivant les conditions dans lesquelles les plantes avaient acquis leur développement. Ainsi, dans la cendre des graminées isolées, la richesse en potasse variait d'a peu près 24 à 40 environ p. 100; dans celle des légumineuses, de 12 à 33, et dans celle d'un mélange des autres familles naturelles, de 17 à 37.

Un passage particulièrement intéressant de la conférence du Dr Gilbert se rapportait à la différence entre les diverses quantités d'azote enlevées à une même étendue de terrain par les plantes de familles différentes. La quantité d'azote combinée cédée au sol par l'atmosphère, du moins d'après les mesures qu'on en a pu faire jusqu'ici, est loin de compenser celle que lui enlève la végétation. Des terrains horizontaux et non fumés peuvent perdre beaucoup par les infiltrations des eaux. Aussi a-t-on émis l'hypothèse que certaines plantes s'assimilent l'azote libre de l'air, tandis que d'autres ne le font pas. Si ce fait était prouvé, bien des difficultés seraient tranchées. Mais MM. Lawes et Gilbert estiment que les résultats d'expériences indirectes sont en faveur de cette autre hypothèse que les plantes ne s'approprient que l'azote en combinaison et particulièrement celui du sol. L'orateur fit voir, en se référant aux expériences de Rothamsted, que dans les semis d'orge ou de blé effectués pendant de nombreuses années consécutives sur le même sol, sans addition d'engrais azotés, le rendement annuel de la récolte, en azote, diminuait graduellement. En même temps la proportion de l'azote du sol s'affaiblissait[1]. S'il s'agissait de plantes racines, le rendement annuel en azote diminuait dans les mêmes circonstances, plus rapidement que pour les céréales, et l'on constatait un appauvrissement du sol aussi plus rapide. Pour les fèves, on trouvait également une diminution dans le rendement en azote de la récolte, mais ce rendement était toutefois, dans la dernière période, encore beaucoup plus considérable que pour le blé ou l'orge. Et pourtant le champ de fèves ne présentait pas une perte remar-

1. Les mêmes faits ont été constatés au champ d'expériences de Grignon.

quable d'azote dans les couches supérieures. En ce qui concerne les herbages mêlés on obtenait un rendement en azote beaucoup plus grand par l'application d'engrais de potasse, résultat dû en grande partie au développement acquis par les plantes légumineuses), et l'on constatait un fort abaissement dans les proportions d'azote du sol. Du trèfle ayant été laissé de longues années dans du terreau, les proportions d'azote du sol s'étaient aussi trouvées grandement réduites. Une partie de ce résultat pouvait être attribuée aux infiltrations ou à d'autres causes ; on en pouvait néanmoins conclure que les légumineuses avaient tiré leur azote du sol.

En admettant que toutes les sources de l'azote qui entre dans la végétation soient définitivement connues, les expérimentateurs estimaient que, dans l'état actuel des connaissances, on doit repousser l'idée d'une assimilation de l'azote libre par les plantes et admettre qu'il leur vient principalement, sinon en totalité, par l'intermédiaire du sol. Indépendamment de l'azote en combinaison que les terrains reçoivent de l'atmosphère ou des engrais, beaucoup en possèdent de larges provisions accumulées et provenant de la végétation à des époques antérieures où les additions annuelles normales se trouvaient peut-être plus grandes qu'aujourd'hui, et où, sans contredit, les déperditions étaient moindres; périodes pendant lesquelles s'opérait par suite une accumulation progressive. A l'appui de ceci, on peut citer un échantillon de glaise d'Oxford obtenu dans de récents sondages d'exploration sous Wealden à une profondeur comprise entre 500 et 600 pieds, et dont l'analyse, faite à Rothamsted, dénota environ la même proportion d'azote que dans le sous-sol de Rothamsted, pris à une profondeur de 4 pieds seulement. Un acre de sol et sous-sol modérément argileux peut, par conséquent, contenir plusieurs tonnes d'azote en combinaison, et cela dans les limites où peuvent plonger les racines.

(Traduit de l'anglais par M. F. Personne.)

Les fonctions des vaisseaux dans les végétaux,

PAR M. JOS. BŒHM

1. C'est à tort qu'on admet généralement que les vaisseaux ne contiennent normalement que de l'air et qu'ils sont par conséquent de vraies trachées.

2. Le liquide qui remplit primitivement les jeunes vaisseaux est absorbé par les cellules voisines, en partie ou en totalité selon les espèces, sans que pour cela ce liquide soit remplacé par de l'air. C'est là la raison des phénomènes décrits par M. von Hœhnel, qui se manifestent lorsqu'on coupe un *rameau* sous le mercure.

3. A un âge plus avancé, les vaisseaux reçoivent des cellules voisines de nouvelles quantités d'eau qui les remplissent plus ou moins complètement. Dans les plantes dont les vaisseaux se vident, c'est de l'air à la pression ordinaire qui remplace le liquide disparu. Les rameaux dont les vaisseaux sont remplis d'eau sont facilement perméables pour ce liquide, et s'ils sont assez longs, partiellement ou totalement imperméables pour l'air comprimé.

4. Lorsque les vaisseaux renferment de l'air ou de l'eau à la pression atmosphérique, les pores des cellules voisines livrent passage à des gouttelettes de gomme ou de protoplasma. Ces dernières s'entourent d'une membrane cellulosienne et deviennent les thylles. Cela étant, on trouvera des thylles et de la gomme dans l'aubier des plantes mentionnées *sub* 3, de même que dans le duramen des chicots et des boutures plongées dans l'eau.

5. Lorsqu'on enveloppe dans des linges humides les racines d'une bouture de saule élevée dans l'eau, on voit ces organes se flétrir avant que les feuilles présentent la moindre trace de fanaison; une preuve que, dans ce cas, la force endosmotique n'est pas nécessaire pour maintenir la circulation de l'eau dans la plante.

6. Les feuilles des boutures ainsi traitées restent fraîches tant qu'il reste de l'eau dans les vaisseaux. Si, au moment où quelques feuilles commencent à noircir au sommet, on plonge les racines dans l'eau, les boutures augmentent bien de poids au bout d'un ou deux jours, mais leur poids primitif ne se rétablit pas. La différence de poids est d'autant plus considérable que les plantes ont perdu une plus grande quantité d'eau.

7. Les feuilles du saule ne commencent à absorber de l'eau que lorsque les vaisseaux, d'abord pleins de liquide, se sont en grande partie remplis d'air.

8. Lorsqu'on oblige une bouture de saule à absorber l'eau par quelques-unes de ses feuilles, les feuilles restées en l'air épuisent d'abord l'eau disponible pour abaisser ensuite leur transpiration beaucoup au-dessous de ce qu'elle serait si la plante pouvait s'approvisionner d'eau par ses racines. Ce fait est absolument analogue

à celui qu'on observe lorsque la plante végète dans un sol très sec. Il faut en chercher la cause dans la soustraction d'une certaine quantité d'eau par les parois cellulaires.

9. Un rameau de saule coupé en été augmente considérablement de poids si on le place immédiatement dans l'eau. Si au contraire on abandonne ce rameau pendant quelque temps dans l'air sec ou humide, il ne prend plus qu'une quantité d'eau égale à celle qu'il perd par transpiration. Les vaisseaux en communication avec l'extérieur se remplissent partiellement d'air et deviennent par conséquent moins perméables pour l'eau. Lorsqu'à l'aide d'une pression de mercure on injecte ces rameaux d'eau ou qu'on en rafraîchit la section, ils se comportent de nouveau comme des boutures fraîches. L'arrêt de l'augmentation de poids est causé par des thylles qui se développent dans l'extrémité inférieure des vaisseaux. Il est évident, d'après ce qui précède, qu'on favorise le développement de bourgeons sur des boutures à moitié sèches, en les injectant même pendant un temps assez court avant de les placer dans l'eau.

10. Lorsqu'on tue des rameaux par la vapeur d'eau chaude, ils absorbent beaucoup plus d'eau que des rameaux frais et vivants. L'eau finit par dissoudre complètement l'air contenu dans les cellules.

11. Les rameaux séchés à l'air, dépourvus de thylles, diffèrent à peine de ceux qu'on a tués par la vapeur, mais l'augmentation de poids progresse très lentement; la cause de l'absorption n'est pas la même que dans le premier cas. Dans le bois sec, les premières parties d'eau absorbées sont retenues entre les molécules solides de la paroi cellulaire. Celle-ci en gonflant entraîne la dilatation du lumen de la cellule : de là pénétration de liquide à l'intérieur de cette cavité. L'air est peu à peu absorbé et remplacé par l'eau.

La grande imperméabilité pour l'eau des rameaux secs tient au rétrécissement des vaisseaux par suite du gonflement. Lorsque les vaisseaux se sont tout à fait remplis d'eau, ils redeviennent parfaitement perméables.

12. Les rameaux secs dont les vaisseaux sont obstrués par des thylles n'absorbent que très peu d'eau. Lorsqu'on les injecte d'eau par une ébullition prolongée, ils se dessèchent jusqu'à une faible distance du niveau de l'eau.

13. De jeunes saules enracinés, obtenus de boutures longues de

$0^m,50$ se dessèchent souvent du sommet vers la base après une culture de 5 à 6 mois. On y a trouvé tous les vaisseaux obstrués par des thylles. Les vaisseaux conducteurs de la sève jouent un rôle important dans les plantes pourvues de racines aussi bien que dans les rameaux coupés.

14. On ignore absolument la cause pour laquelle l'air ne pénètre pas dans les cavités du bois primitivement remplies de sève et dans lesquelles la pression s'est notablement abaissée. A l'entrée de l'hiver, les vaisseaux peuvent se remplir d'air à la tension ordinaire; mais les cellules conductrices ne sont pas dans le même cas, car elles peuvent, après la chute des feuilles, emprunter de l'eau aux cellules situées plus bas.

Au printemps, lorsque, par suite de la transpiration, la pression diminue de nouveau dans les cellules, les parois internes des vaisseaux se revêtent d'un enduit gommeux ou se garnissent de thylles; cette circonstance rend très difficile le passage de l'air des trachées dans les vaisseaux conducteurs. Lorsqu'enfin les cellules de bois se remplissent elles-mêmes d'air à la tension ordinaire, l'aubier se transforme en duramen.

15. Lorsqu'on submerge dans l'eau des rameaux de saule verts et garnis de feuilles et qu'on les expose à la lumière du jour, ils prennent racine, développent des rameaux axillaires garnis de très petites feuilles et croissent en épaisseur; mais le bois nouvellement formé ne renferme pas de vaisseaux.

Migration de l'azote et des matières minérales pendant le premier développement des pousses de l'érable à feuilles pointues (*Acer platanoïdes*),

PAR M. JULIUS SCHRÖDER [1].

Les jeunes feuilles et les pousses se distinguent, comme on sait, par leur richesse, absolue et relative, en azote, potasse et acide phosphorique. Il faut donc qu'au printemps pendant le premier développement des pousses, il y ait une migration de ces trois principes vers les nouveaux organes et que cette migration entraîne un certain épuisement de l'axe qui les porte. L'expérience confirme cette déduction. Deux jeunes érables de même âge (huit ans) nor-

1. *Biedermann's Centralblatt fur Agriculturchemie.* Heft X. 1879, p. 752, et *Forstchemische und flanzenphysiologische Untersuchungen*, von Jul. Schröder. I. Heft.

malement développés et placés dans les mêmes conditions biologiques, sont examinés, l'un le 5 avril, quand les bourgeons qu'il porte sont encore complètement fermés, l'autre le 18 mai quand les pousses sont presque complètement développées, la plupart des feuilles ayant presque atteint leurs dimensions définitives. Cette période du 5 avril au 18 mai, qui suit la période de l'écoulement de la sève au premier printemps, est marquée principalement par le développement des pousses pour les besoins desquelles l'amidon et les corps albuminoïdes des axes sont consommés. Les phénomènes qui se passent ici sont connus pour avoir, physiologiquement, beaucoup d'analogie avec ceux que nous montre la germination des graines.

Les expériences ont fourni les résultats suivants :

Pendant le premier développement des pousses printanières, l'axe s'appauvrit en acide phosphorique, potasse, magnésie et azote ; ces principes émigrent dans les pousses en voie de développement. L'épuisement de l'axe en acide phosphorique est surtout considérable : la plante avait cédé aux pousses presque la moitié (46 p. 100) de sa réserve en acide phosphorique. Après l'acide phosphorique vient la potasse : la jeune tige avait perdu près du tiers (32 p. 100) de la quantité primitive. L'azote et la magnésie accusent également une diminution considérable, quoiqu'elle n'égale pas celle qui frappe la potasse et l'acide phosphorique. Cette diminution est d'un quart (26 p. 100) pour les deux substances.

Pendant que les organes axiles subissent des pertes considérables, ils se chargent de chaux et de silice, de sorte qu'on trouve vers la fin de la période une augmentation de 12 p. 100 pour la chaux et 84 p. 100 de silice. Comme les pousses contiennent également de la chaux et de la silice, et comme ces matières ne leur peuvent être arrivées que des organes axiles, il faut que la racine ait puisé dans le sol ces substances pour les transmettre aux parties aériennes de la plante. C'est en effet ce qui arrive. Si, des quantités de matières minérales et d'azote qui sont contenues dans l'ensemble des organes de l'arbre au mois de mai, on retranche celles des mêmes substances du mois d'avril, on aura la valeur des quantités que la racine fait entrer dans la plante pendant la durée de la période. On voit de la sorte que la racine a absorbé des quantités considérables d'azote et de matières minérales.

Les quantités d'acide phosphorique, de potasse, de magnésie et d'azote absorbées par la racine ne suffisent pas aux besoins des pousses; il faut que ces quantités soient augmentées de celles qui émigrent de la tige et des rameaux. Quant à la chaux et à la silice, l'absorption par la racine amène plus de matériaux qu'il n'en entre dans les pousses; c'est pourquoi la tige et les rameaux paraissent plus chargés de ces substances à la fin de la période qu'au commencement du développement des pousses. La chaux et la silice se déposent de préférence dans l'écorce de la tige pendant que l'acide phosphorique, la potasse, la magnésie et l'azote de cette écorce et principalement du bois se rendent aux pousses.

On voit donc que les jeunes pousses tirent les éléments nécessaires à leur développement, d'un côté des organes axiles survivants et, de l'autre, des éléments nouveaux qui viennent du sol, grâce à l'absorption de la racine. En comparant les chiffres obtenus, on peut déduire que le 1/5 de l'azote, de la potasse et de l'acide phosphorique peut provenir des organes axiles aériens, tandis que les 4/5 restants, sont tirés du sol par la racine. Il est vrai qu'il est impossible de connaître exactement les quantités d'azote et de matières minérales qui proviennent de la racine elle-même, ainsi que de déterminer les quantités absorbées par la racine pendant la période du 5 avril au 18 mai ; différentes circonstances cependant semblent indiquer que ce sont précisément ces dernières quantités qui sont relativement les plus faibles, et que l'azote et les matières minérales de la racine émigrent vers les jeunes pousses en quantités considérables, tout comme il vient d'être démontré pour les organes axiles aériens.

Sur la décomposition des matières albuminoïdes dans les plantes,

PAR M. E. SCHULZE.

Le présent mémoire contient l'exposé des théories de M. Schulze, telles qu'elles se sont modifiées à la suite des travaux de M. Borodine, ainsi que de ses propres travaux. Les points principaux sont les suivants : l'auteur admet qu'il se produit alternativement dans les graines qui germent une décomposition et une reconstitution

1. Extr. *Centralblatt. Biedermann.* Heft. VIII. 1879, p. 609. Voy. id. *Botan. Zeit.* 1879, n° 4.

des matières protéiques. Cette opinion est motivée par les considérations suivantes : la conglutine, principe albuminoïde des graines de lupin, se décompose par l'acide sulfurique, d'après Ritthausen, en plusieurs substances, parmi lesquelles il y a des quantités notables de leucine et de tyrosine, en outre, 4 à 5 p. 100 d'acide glutaminique et seulement 2 p. 100 d'asparagine; tandis que, dans les graines de lupin qui germent, l'asparagine est bien plus considérable et représente le produit principal de la décomposition. Ces différences entre les quantités d'asparagine, si marquées entre la décomposition artificielle par l'acide sulfurique d'un côté et la dissociation normale de la conglutine de l'autre, peuvent bien être expliquées en quelque sorte si l'on admet qu'on ne saurait retrouver dans les graines en germination les produits de la dissociation dans les mêmes rapports de quantités que ceux que l'on trouve dans la décomposition artificielle. On sait, en effet, qu'il s'opère dans les organes des graines en voie de développement une formation nouvelle des matières albuminoïdes aux dépens des produits de dissociation de l'albumine qui leur arrivent des cotylédons. Il est possible maintenant que les différentes substances qui se forment simultanément lors de la décomposition des matières albuminoïdes soient employées dans une mesure très inégale et que, par suite, les substances peu capables de servir à la reconstitution rapide des matières albuminoïdes soient les seules qui s'accumulent en quantités notables.

Cette hypothèse, cependant, ne rend pas encore compte de l'accumulation considérable de l'asparagine dans les graines de lupin, par exemple. En supposant que le principe albuminoïde des graines de lupin (la conglutine) contienne 20 p. 100 de son azote sous forme d'asparagine, il est évident que, lors de sa décomposition, il ne pourra se former de l'asparagine que pour autant que les 20 p. 100 d'azote de la conglutine le permettront, tandis que les 80 p. 100 restants devront se porter sur d'autres produits. Alors, si ce sont principalement ces derniers produits qui servent à reconstituer les matières albuminoïdes dans les parties de la plantule en voie de développement, il faut que le rapport de 20 à 80 p. 100 se déplace de plus en plus à l'avantage de l'asparagine. Or, pour que ce rapport soit tel qu'il se présente, par exemple, dans les graines de lupin germées pendant 15 jours, dans lesquelles plus de 60 p. 100 de l'azote des produits de la décomposition reviennent à l'aspara-

gine, il faudrait qu'une très grande partie de cette dernière eût été employée, ce qui veut dire que la formation nouvelle de matière albuminoïde dans les parties de la plantule en voie de développement se fût opérée avec une extrême énergie. A en juger par les apparences, cela n'est pas le cas, car les graines germées de 15 jours sont pauvres en matières albuminoïdes, et il semble qu'il n'y ait qu'une quantité de matière albuminoïde relativement petite formée aux dépens des produits de la décomposition.

Si maintenant l'on admet que la matière albuminoïde des graines de lupin ne contient qu'une quantité d'asparagine relativement petite, et que, par conséquent, elle ne peut donner, lors de sa décomposition, qu'une quantité d'asparagine en rapport avec cette faible quantité, on peut supposer, comme le fait M. Schulze, qu'il se produit pendant la germination un jeu alternatif continu de décomposition et de reconstitution de molécules de matière albuminoïde. Or, si la reconstitution emploie de préférence les produits de la décomposition autres que l'asparagine, cette dernière restant inactive, il faut que la plus forte partie de l'azote de l'albumine décomposée se retrouve finalement dans l'asparagine. La forte quantité d'asparagine qui se trouve par exemple dans les graines de lupin germées de 15 jours proviendrait donc, par voie directe, en partie seulement de la matière albuminoïde emmagasinée dans les cotylédons; le reste dériverait des matières albuminoïdes qui, après s'être formées aux dépens de produits de décomposition de l'albumine des cotylédons, se seraient de nouveau décomposées plus tard.

C'est par les considérations qui précèdent que M. Schulze croit pouvoir expliquer le fait observé pour la conglutine des graines de lupin qui donnent, lors de la germination, de l'asparagine comme produit principal de dissociation, tandis que, lors de la décomposition artificielle de la même matière, l'asparagine ne se forme que comme produit accessoire.

Un autre fait difficile à expliquer est celui de la formation et de la persistance de l'asparagine même en présence de quantités considérables de matières non azotées. D'après MM. Pfeffer et Borodine, l'asparagine disparaît dès qu'il y a formation abondante de matières non azotées. Ceci n'est cependant pas toujours le cas. Dans les betteraves à sucre, l'asparagine et la glutamine se trouvent en présence de fortes quantités de sucres; dans les graines de lupin germées d'abord dans l'obscurité, puis mises à la lumière, M. Schulze

a observé que la disparition des produits de décomposition des matières albuminoïdes est extrêmement lente.

Ces observations nous montrent que les « matières non azotées » qui sont nécessaires à l'asparagine pour la reconstitution de l'albumine demandent encore une définition plus exacte.

M. Schulze croit cependant que ces faits (accumulation d'asparagine en présence de matières non azotées) sont bien moins difficiles à expliquer quand, s'appuyant sur les expériences de M. Borodine et les siennes, on admet qu'il se produit dans les organes de la plante en voie de développement une décomposition intense de l'albumine, probablement en rapport avec la respiration.

Il reste à savoir pourquoi certaines plantes accumulent de préférence de l'asparagine, tandis que d'autres se chargent de glutamine. Ceci indique que des plantes différentes ne se comportent pas de la même façon vis-à-vis d'un même produit de la décomposition de l'albumine et que les différents produits ne sont pas, pour une même plante, également capables de concourir à la reconstitution de l'albumine.

Composition des pulpes (cossettes, schnitzels) de betteraves obtenues par la diffusion,

PAR M. PETERMANN.

L'introduction du système de la diffusion dans la sucrerie belge marquera une phase importante dans le développement de cette industrie, car le travail des betteraves par ce procédé ne manquera pas de supplanter le système si imparfait des presses hydrauliques, comme cela est déjà arrivé en Allemagne[1], en Autriche et en Russie, partout où l'abondance d'une bonne eau en rend l'application possible. L'adoption de la diffusion intéresse non seulement l'industrie sucrière, mais aussi à un haut degré l'agriculture, car les résidus obtenus par le travail des betteraves constituent pour

1. En Allemagne le développement de la « diffusion » a dépassé toute attente, ce qu résulte des chiffres suivants. (Voy. *Annuaire* de Stammer.)

	Nombre total des fabriques.	Fabriques travaillant à la diffusion.	
1873-1874	337	80	23.7 0/0
1874-1875	333	113	34.0 »
1875-1876	332	157	47.3 »
1876-1877	328	897	60.0 »

les animaux une source abondante de nourriture saine et riche en principes utiles. Les producteurs de betteraves qui entreprennent cette culture dans le but secondaire de se procurer de la nourriture destinée à l'engraissement de leur bétail, ont donc un grand intérêt à savoir si les changements introduits dans le travail des sucreries n'entraînent pas des variations dans la composition des résidus. La différence entre les deux systèmes est en effet considérable. Dans le travail ordinaire par les presses, on a en vue le déchirement des parois de la cellule par le râpage, afin d'en extraire le contenu par l'action toute mécanique des presses; tandis qu'en opérant par la diffusion on tâche, au contraire, autant que l'opération le permet, de conserver la cellule intacte, en découpant les betteraves en lanières minces (schnitzels, cossettes) pour les épuiser par l'eau tiède d'après les lois de la diffusion. Dans le premier cas, toutes les matières contenues dans la cellule: sucre, sels, matières albuminoïdes, vont dans le jus; dans le second cas, ce sont surtout les corps cristallisables qui, passant à travers la membrane de la cellule, entrent dans le jus, tandis que les corps difficilement diffusibles (albumine) restent dans le résidu.

Lors de l'introduction de la diffusion en Autriche et en Allemagne et de l'apparition sur le marché belge de cossettes provenant de fabriques hollandaises, les cultivateurs montraient une grande défiance envers le nouveau produit. La grande quantité d'eau (94 à 96 p. 100 en sortant des diffuseurs) que les cossettes épuisées retiennent, présentait de sérieux inconvénients, non seulement au point de vue du transport et de la conservation, mais aussi au point de vue de l'alimentation. Il résulte en effet des expériences faites à Munich et à Weende qu'une ingestion par les animaux de trop fortes quantités d'eau sous forme de nourriture trop aqueuse produit des pertes sérieuses. L'animal dépense inutilement du calorique pour élever à la température de son corps celle de l'eau qu'il a absorbée et pour éliminer celle-ci par une transpiration surabondante; de plus, cette eau augmente d'une manière considérable la décomposition de l'albumine de circulation.

L'invention de la presse Klusemann, qui permet de réduire de 95 à 90 p. 100, le titre en eau des cossettes, c'est-à-dire de doubler celui de la matière sèche, constitua donc un progrès manifeste. En même temps, M. Märker, directeur de la station agricole de Halle, mit fin aux discussions sur la valeur relative des pulpes de

différents systèmes par la publication d'une remarquable étude[1]. De ce travail il résulte : 1° que la matière sèche des pulpes de diffusion est beaucoup plus riche en principes albuminoïdes que celle des pulpes de presses ordinaires ; 2° que la perte en éléments nutritifs qu'éprouvent les pulpes de diffusion en les exposant à une forte pression n'atteint que 3 p. 100 de la matière sèche ; 3° que l'ensilage des pulpes de diffusion s'opère parfaitement, et 4° que la fermentation pendant l'ensilage est moins énergique que celle qui a lieu dans les silos de pulpes de presses, ce qui occasionne une perte moins forte en matières albuminoïdes.

Quoique le travail de M. Märker ait déjà été confirmé par plusieurs chimistes, notamment par M. Stammer, nous croyons utile de publier de notre côté les analyses que nous avons exécutées, car les nombreuses demandes qu'on nous a adressées sur la valeur comparative des pulpes des deux systèmes nous prouvent que le cultivateur n'est pas encore complètement renseigné sur leur composition relative.

COMPOSITION DES PULPES DE DIFFUSION A L'ÉTAT FRAIS.

	Ier Echantillon.	IIe Echantillon.	Moyenne.	Composition de la matière sèche.
Eau	89.27	90.54	89.91	—
Matières albuminoïdes	1.12	1.04	1.08	10.70
Matières grasses	0.11	0.04	0.08	0.79
Matières extractives non azotées.	6.62	5.68	6.13	60.76
Matières minérales	0.49	0.94	0.72	7.14
Cellulose	2.39	1.76	2.08	20.61
	100.00	100.00	100.00	100.00

COMPOSITION DES PULPES DE PRESSES ORDINAIRES A L'ÉTAT FRAIS.

	Ier Echantillon.	IIe Echantillon.	Moyenne.	Composition de la matière sèche.
Eau	74.15	70.80	72.48	—
Matières albuminoïdes	2.69	1.68	2.18	7.92
Matières grasses	0.31	0.28	0.30	1.09
Matières extractives non azotées.	13.76	18.22	15.98	58.08
Matières minérales	3.50	3.04	3.27	11.87
Cellulose	5.59	5.68	5.79	21.04
	100.00	100.00	100.00	100.00

En comparant la composition moyenne des résidus de diffusion à celle des résidus de presses, on voit tout d'abord que les premiers

1. *Journal für Landwirthschaft*, 1871.

sont beaucoup plus aqueux et moins riches en principes nutritifs que les derniers. Donc le cultivateur ne peut pas attendre d'un poids égal de cossettes et de pulpes le même effet dans l'engraissement. Par 1000 kilog. de résidus de diffusion il n'acquiert, en chiffres ronds, que 10 kilog. de matières albuminoïdes, 1 kilog. de graisse et 61 kilog. de matières extractives non azotées; tandis qu'il fournit à son bétail, par 1000 kilog. de résidus de presses, 22 kilog. de matières albuminoïdes, 3 kilog. de matières grasses et 160 kilog. de matières extractives non azotées. *Le cultivateur ne doit donc payer les cossettes (à 90 p. 100 d'eau) que tout au plus la moitié du prix auquel il paie les pulpes des presses ordinaires.*

Mais si nous établissons le rapport nutritif qui existe dans les deux produits (il est dans les cossettes de 1 : 5,9 et dans les pulpes de 1 : 7,7) et si nous considérons surtout la composition de la matière sèche, nous constatons que dans le travail à la diffusion les matières albuminoïdes, qui forment les éléments les plus précieux d'un fourrage, restent dans les cossettes en plus forte proportion que dans les pulpes de presses. *Rapportées au même degré d'humidité, les cossettes constituent donc un fourrage plus riche et d'un rapport nutritif plus étroit que les pulpes.* Envisagée sous ce rapport, l'introduction de la diffusion constitue un progrès manifeste, non seulement au point de vue industriel, mais aussi au point de vue agricole. Le travail à la diffusion conserve à l'agriculture, et sous forme d'un aliment convenable, des milliers de kilog. de matières albuminoïdes, qui, dans le travail des presses, sont perdus pour elle, ou dont seulement une fraction minime lui est restituée dans les écumes. Ainsi une fabrique qui travaille d'après l'ancien système 20 000 000 de kilog. de betteraves restitue à l'agriculture 3500000 kilog. de pulpes, ou, d'après nos analyses, 76300 *kilog. de matières albuminoïdes;* tandis que si elle adopte le système à la diffusion, elle produit 1 4000 000 de kilog. de pulpes qui, titrant en moyenne 1,08 p. 100, renferment 151,200 *kilog. de matières albuminoïdes.* Les 20 000 000 de kilog. de betteraves que l'agriculture a fournis à l'industrie renfermaient 200 000 kilog. de matières albuminoïdes; dans le premier cas, la perte est de 200,000 — 76,300 = 61,8 p. 100, dans le second cas, 200,000 — 151,200 = 24,4 p. 100. Si l'on applique les résultats de ce calcul à la production d'un pays entier, on reconnaît combien les intérêts de l'agriculture sont liés aux progrès réalisés par l'industrie sucrière.

Il résulte de nos analyses et de notre exposé que l'introduction de la diffusion ne peut être que favorablement accueillie par l'agriculture belge ; mais le cultivateur lors de l'achat des cossettes et dans le calcul des rations de son bétail ne doit pas perdre de vue la différence qui existe entre la composition des résidus de diffusion et celle des résidus de presses.

Essais des beurres,

PAR M. J. KŒTTSTORFER.

Nous avons donné, dans le dernier fascicule, quelques-uns des procédés préconisés pour l'essai du beurre. Nous parlerons en dernier lieu d'une méthode d'analyse qui nous paraît présenter un haut intérêt. Voici sur quelles considérations elle est fondée : les matières grasses exigent, pour leur saponification, des quantités de potasse très variables; pour un même poids de matière grasse, cette quantité est d'autant plus grande que la graisse contient plus d'acides à poids moléculaire peu élevé. 1 gramme de butyrine saturera, lors de sa saponification, plus de potasse que 1 gramme de palmitine, par exemple. Le beurre se distingue notablement, à cet égard, des autres graisses, et cette particularité peut servir à son analyse, ainsi que le montre M. J. Kœttstorfer[1]. La méthode est des plus simples; elle exige une solution titrée de potasse dans l'alcool concentré, contenant $28^{gr},05$ KO,HO par litre, et une solution aqueuse d'acide chlorhydrique saturant la solution alcaline, volume par volume ($18^{gr},25$ HCl par litre). 1 à 2 grammes de beurre sec et filtré sont arrosés de 25^{gr} de solution potassique, puis chauffés au bain-marie, en agitant jusqu'à ce que le beurre soit dissous. On couvre le vase d'un verre de montre, et l'on chauffe pendant 15 minutes, de manière à faire bouillir faiblement l'alcool. On lave ensuite le verre de montre avec de l'alcool, on ajoute une petite quantité de phtaléine du phénol, puis la liqueur chlorhydrique, de manière à faire virer la solution au jaune pur.

La méthode est rapide, et les résultats sont comparables.

Deux précautions sont à observer : la potasse attaque à l'ébullition l'alcool, et diminue faiblement de titre; le même phénomène

1. *Zeitschrift für analytische Chemie*, t. XVIII, p. 199.

se produit à froid, à la longue. Il est donc nécessaire de fixer tous les 5 à 6 jours le titre de la solution potassique, et d'autre part de faire, concurremment avec l'essai, une expérience à blanc : la perte d'alcalinité, dans ce dernier cas, s'élève environ à $0^{cc},1$.

D'après l'analyse de 12 échantillons de beurre, la quantité de potasse KO,HO neutralisée par 1 gramme, varie de $221^{mgr},5$ à $232^{mgr},4$. Les variations sont de même grandeur que celles que Fleischmann et Vieth ont constatées pour la proportion des acides gras insolubles de divers beurres. L'auteur adopte comme moyenne 227^{mgr}.

Les autres matières grasses exigent naturellement des quantités de potasse plus petites. Voici quelques chiffres :

1	gramme	de suif de bœuf exige de..........	196,5 à $196^{mgr},8$	KO,HO.
1	—	d'axonge de bœuf exige de.........	195,4 à $195^{mgr},8$	—
1	—	de suif de mouton exige de........	$197^{mgr},0$	—
1	—	d'huile d'olive exige de............	$191^{mgr},8$	—
1	—	d'huile de colza exige de..........	$178^{mgr},7$	—

Toutes les fois qu'un beurre demandera moins de $221^{mgr},5$ de potasse, on le considère comme falsifié; dans le cas le plus défavorable, on laissera passer ainsi pour du beurre un produit contenant 29 p. 100 de graisse étrangère. La méthode de Hebner expose à des incertitudes plus grandes encore.

Les huiles de colza et d'olive diffèrent notablement par la quantité de potasse qu'elles saturent. Si ces différences se retrouvent dans tous les échantillons, le même procédé servira à l'essai de l'huile d'olive.

L'auteur étudie cette question. A. H.

Le Gérant, G. MASSON.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME CINQUIÈME

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES

TABLE

PAR NOMS D'AUTEURS

FIN DE LA TABLE PAR NOMS D'AUTEURS

TABLE

PAR ORDRE DE MATIÈRES

FIN DE LA TABLE PAR ORDRE DE MATIÈRES

PARIS. — IMPRIMERIE ÉMILE MARTINET, RUE MIGNON, 2.